

分离乳清蛋白对优秀田径运动员赛前训练阶段 免疫和抗氧化机能的影响

李文华¹, 杨贤罡²

(1. 沈阳体育学院 运动训练学院, 沈阳 10102; 2. 河北省体育科学研究所, 石家庄 050011)

摘要:目的:观察 WPI(分离乳清蛋白)对优秀男子中跑运动员赛前训练阶段免疫机能和抗氧化能力的影响。方法:17名优秀男子中跑运动员于赛前专项训练阶段,被随机分为对照组(C组, $n=8$)和服用组(E组, $n=9$)。两组均正常饮食,其中E组额外补充服用WPI,方法为每天1次,补充22g,共4周。测试受试者在试验前、后血液中免疫功能 and 抗氧化功能相关指标的水平。结果:(1)试验后T淋巴细胞亚群CD4、白介素-4(IL-4)和干扰素 γ (INF- γ)的蛋白水平E组均显著高于C组($P<0.05$, $P<0.05$, $P<0.05$)。(2)试验后超氧化物歧化酶(SOD)、谷胱甘肽过氧化物酶(GSH-Px)和谷胱甘肽-S转移酶(GST)的水平E组均显著高于C组($P<0.05$, $P<0.01$, $P<0.01$),而丙二醛(MDA)的水平E组则显著低于C组($P<0.05$)。结论:(1)WPI可能通过辅助性T细胞亚群和双向调节Th1/Th2免疫平衡细胞因子激活运动员的免疫机能;(2)WPI能够明显提高运动员赛前训练阶段的抗氧化系统能力,主要通过增强抗氧化酶,尤其是谷胱甘肽相关酶的活性来减少自由基代谢产物的生成。

关键词:分离乳清蛋白;免疫机能;抗氧化能力

中图分类号:G804.7

文献标志码:A

乳清蛋白(WP)是从牛奶中提取的可溶性蛋白成分的复合物,是运动员使用最为广泛的营养补剂之一。乳清蛋白类营养品,包括浓度 $\geq 80\%$ 的浓缩乳清蛋白(WPC)或浓度 $\geq 90\%$ 的分离乳清蛋白(WPI)在运动员中非常受欢迎。相比较WPC,WPI具备纯度高、蛋白结构保留完整、吸收消化快、利用率高的多重优点。

一系列人体和动物试验证实了补充WP能够改善体成分,增加肌肉重量和瘦体质量,和/或减少脂肪重量,促进肌肉合成,从而提高运动能力^[1-3]。该效果的可能机制与其含有极为丰富的亮氨酸(Leu)和胱氨酸(cys)或半胱氨酸(cys)有关。WPI含有高浓度的必需氨基酸(45~55g/100g),是支链氨基酸,尤其是亮氨酸(达到14g/100g)最丰富的来源。亮氨酸是肌肉蛋白合成转录起始通路中的关键调节因子^[4]。相比较酪蛋白和大豆蛋白等蛋白产品,WP含有约高出4倍的胱氨酸。肝脏中胱氨酸的分解代谢是全身蛋白质代谢和肌肉重量改变的关键调节因子。向血液中补充丰富的胱氨酸或半胱氨酸对于肝脏将其分解为硫酸盐和质子,这一过程减少尿素氮的生成,使全身的氮处理机制转向有利于维持肌肉的氨基酸池,即有利于肌肉合成^[5]。

运动性免疫抑制和抗氧化平衡紊乱是运动员经常面临的问题,尤其是在高强度的赛前训练阶段。剧烈运动损害免疫功能,导致唾液IgA分泌速率下降,自然杀伤细胞(NK)数目减少和细胞毒性减弱,抑制细胞介导免疫,增强体液免疫,这些变化可能会导致接受良好训练的运动员增加对上呼吸道感染等疾病的易感性^[6]。同时,剧烈运动会导致氧化应激,活性氧(ROS)的产生增多,特别是超氧阴离子($O_2 \cdot -$),造成抗氧化系统平衡的紊乱,限制运动能力^[7]。除了促进肌肉合成,WPI的生物活性成分还能提供某些特殊的营养益处,主要表现为免疫促进^[8]和抗氧化防护^[9]。目前,已经成功开展了一系列使用WPI治疗癌症、人类免疫缺陷病毒(HIV)、肝炎、心肌症和胃溃疡等的临床研究^[9]。但迄今为止,尚无WPI对于专业运动员免疫和抗氧

收稿日期:2014-12-04;修回日期:2015-03-04,

基金项目:国家科技支撑计划(2009BAK57B04);河北省体育局体育科技研究项目(20131003;20121004);美国嘉力国际贸易有限公司横向合作项目(HBT1101205)。

作者简介:李文华(1980-),男,吉林舒兰人,沈阳体育学院讲师,研究方向为运动训练理论与实践。

通信作者:杨贤罡(1984-),男,副研究员,博士,研究方向为运动生物化学,E-mail:47284981@qq.com.

化系统功能影响的系统研究,本研究将对运动员合理选择和使用 WPI 提供数据和实践支持。

1 研究对象与方法

1.1 研究对象

选择河北省田径运动管理中心的优秀男子中跑运动员 17 名,竞赛项目涉及 400 m、800 m 和 1 500 m,其中国际健将运动员 1 名,健将运动员 2 名,一级水平运动员 14 名。随机分为对照组(C组, $n=8$)和服用组(E组, $n=9$)。两组受试者的基本情况见表 1,均无显著差异。

表 1 试验对象分组及基本情况表

| 分组 | 人数 | 年龄/岁 | 体质量/kg | 身高/cm | BMI/(kg/m ²) |
|--------|-------|------------|------------|-------------|--------------------------|
| 对照组(C) | $n=8$ | 19.67±1.50 | 66.78±5.74 | 182.78±5.56 | 19.99±1.54 |
| 试验组(E) | $n=9$ | 19.38±2.45 | 69.25±6.58 | 182.38±6.41 | 20.79±1.09 |

试验时间选择 2013 年全国室内田径锦标赛江苏南京站的备战阶段,试验时间为 2013 年 1 月 28 日至 2013 年 2 月 25 日,持续 4 周,属于赛前专项训练阶段,在逐渐减少训练量的同时逐渐提高训练强度,最终达到比赛的强度要求。试验期间详细训练负荷安排详见表 2。

表 2 试验期间运动员训练负荷详细情况

| 时间 | 训练课次 | 训练量/km | 平均训练强度/% | 400 m 冲刺时间/s | 总训练时间/h |
|-------|------|--------|----------|--------------|---------|
| 第 1 周 | 10 | 90 | 80~90 | 53~55 | 15~19 |
| 第 2 周 | 9 | 80 | 85~90 | 51~53 | 13~17 |
| 第 3 周 | 9 | 80 | 90~95 | 49~51 | 12~16 |
| 第 4 周 | 8 | 70 | 90~100 | 47~49 | 10~12 |

1.2 研究方法

1.2.1 试验产品与服用方法

WPI 由美国戴维斯公司提供(Davisco Food Int'L, Inc. 批号:LF1J201),经国家反兴奋剂及运动营养测试研究中心检测合格(编号:2010001664E),无违禁成分,运动员服用安全。WPI 的氨基酸含量和必需氨基酸比例分别见表 3。WPI 中的氨基酸含量均高于联合国粮农组织和世界卫生组织推荐的氨基酸配比含量(见 <http://www.daviscofoods.com/specialty/quality.html>),其中含必需氨基酸比例为 45 g/100 g,含支链氨基酸比例为 20.9 g/100 g,蛋白质含量经国家食品质量监督检验中心检测为 98.1%(以干基计),经河北省食品质量监督检测中心检测为 92.9%(以湿基计)。

表 3 WPI 中的氨基酸含量(以 22 克产品计)

| 种类 | 含量/g | 种类 | 含量/g | 种类 | 含量/g |
|--------------------------|------|------------------------|------|------------------------|------|
| 亮氨酸*#(leucine,Leu) | 2.4 | 异亮氨酸*#(isoleucine,Ile) | 1.1 | 缬氨酸*#(valine,Val) | 1.1 |
| 苯丙氨酸*(phenylalanine,Phe) | 0.7 | 组氨酸*(histidine,His) | 0.4 | 蛋氨酸*(methionine,Met) | 0.5 |
| 苏氨酸*(threonine,Thr) | 0.9 | 色氨酸*(tryptophane,Try) | 0.6 | 赖氨酸*(lysine,Lys) | 2.2 |
| 丙氨酸(alanine,Ala) | 0.9 | 精氨酸(arginine,Arg) | 0.5 | 天门冬氨酸(asparaginic,Asp) | 2.2 |
| 半胱氨酸(cysteine,Cys) | 0.6 | 甘氨酸(glycine,Gly) | 0.3 | 谷氨酸(Glutamic,Glu) | 3.3 |
| 酪氨酸(tyrosine,Tyr) | 0.7 | 丝氨酸(serine,Ser) | 0.6 | 脯氨酸(proline,Pro) | 0.9 |

注: * 表示必需氨基酸(essential amino acid,EAA),# 表示支链氨基酸(branched chain amino acid,BCAA)。

两组均采用正常膳食,其中 E 组在日常膳食的基础上补充 WPI,每天 1 次补充 22 g,C 组未进行补充。试验期间两组均未服用其他运动营养补剂。

1.2.2 样本采集和指标测试

运动员于试验前、后的周一晨起,空腹抽取静脉血,促凝管收集 4 mL 血液,3 500 r·min⁻¹离心 10 min,分离血清于-20℃保存待测。

谷胱甘肽过氧化物酶(GSH-Px)、谷胱甘肽-S 转移酶(GST)和丙二醛(MDA)测试采用北京普析通用仪器有限责任公司的 TU-1810 型可见光分光光度计进行,超氧化物歧化酶(SOD),T 细胞亚群 CD4 和 CD8

蛋白水平,免疫球蛋白(IgA),IgG和IgM,白介素-4(IL-4),IL-6和干扰素 γ (INF- γ)测试采用美国雷杜公司RT-2100C多功能自动酶标仪进行。

其中GSH-Px,GST,SOD和MDA试剂盒购自南京建成生物科技有限公司,其余所有指标的Elisa检测试剂盒均购自美国R&D公司原装进口。

所有指标的测试工作均由河北省体育科学研究所实验中心完成。

1.2.3. 数据统计

采用spss13.0软件进行数据处理,研究结果均采用平均数±标准差表示。采用配对T检验比较组内试验前、后间的差异,以服用前的测试结果作为协变量,采用协方差分析来比较组间经校正的服用后测试结果,取 $P<0.05$ 为具有显著性差异, $P<0.01$ 为非常显著性差异。

2 结果

2.1 试验前后运动员免疫机能相关指标的变化

与试验前相比较,对照组中仅IL-4和INF- γ 含量试验后显著降低($P<0.01$, $P<0.05$),两组中的其余各项指标试验前、后均无显著变化。以试验前水平作为协变量,试验后的CD4,IL-4和INF- γ 水平E组均显著高于C组($P<0.05$, $P<0.05$, $P<0.05$),其余各项指标两组间均无显著差异;具体见表4。

表4 试验前后运动员免疫机能指标的变化

| 指标 | 对照组(n=8) | | 服用组(n=9) | |
|--|---------------|-----------------|---------------|----------------------------|
| | 试验前 | 试验后 | 试验前 | 试验后 |
| CD4/($\mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$) | 40.86±15.69 | 34.49±7.67 | 34.78±7.57 | 42.07±12.73 [#] |
| CD8/(IU·mL ⁻¹) | 87.55±6.17 | 94.99±29.12 | 106.08±16.62 | 102.97±7.82 |
| IgA/($\mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$) | 14.31±4.46 | 12.17±8.54 | 15.77±5.98 | 16.62±6.59 |
| IgM/($\mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$) | 11.78±1.77 | 11.32±2.04 | 12.39±2.29 | 13.31±2.39 |
| IgE/($\mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$) | 97.59±11.02 | 87.23±21.65 | 106.01±18.51 | 98.46±9.23 |
| IL-4/(ng·L ⁻¹) | 595.54±121.40 | 494.70±124.97** | 629.48±103.17 | 586.02±123.30 [#] |
| INF- γ /(ng·L ⁻¹) | 492.62±125.45 | 411.57±98.07* | 492.86±83.53 | 490.56±83.47 [#] |
| IL-4/INF- γ | 1.23±0.15 | 1.20±0.11 | 1.28±0.08 | 1.19±0.09 |
| IL-6/(ng·L ⁻¹) | 15.32±3.64 | 14.52±6.56 | 17.46±4.83 | 20.54±11.22 |

注: *表示试验后与试验前对比具有显著差异, $P<0.05$, **表示试验后与试验前对比具有非常显著差异, $P<0.01$; #表示以试验前作为协变量,对照组与试验组具有显著差异, $P<0.05$ 。

2.2 试验前、后运动员抗氧化系统相关指标的变化

C组的SOD和GST水平在试验后较试验前显著下降($P<0.01$, $P<0.01$),MDA水平显著升高($P<0.05$),GHS-Px水平无显著变化。E组中仅SOD水平在试验后显著升高($P<0.05$),其余3项指标均无显著变化。以试验前水平作为协变量,试验后的SOD,GST和GHS-Px水平E组均显著高于C组($P<0.05$, $P<0.01$, $P<0.01$),MDA水平E组则显著低于C组($P<0.05$),见表5。

表5 试验前后运动员抗氧化系统相关指标的变化

| 指标 | 对照组(n=8) | | 服用组(n=9) | |
|------------------------------|--------------|--------------|--------------|----------------------------|
| | 试验前 | 试验后 | 试验前 | 试验后 |
| SOD/(U·mL ⁻¹) | 81.35±5.49 | 75.63±5.75** | 80.19±4.72 | 85.85±5.13* [#] |
| GST/(U·mL ⁻¹) | 27.89±15.10 | 16.84±6.20** | 21.14±11.34 | 23.63±8.01 [#] |
| GHS-Px/(U·mL ⁻¹) | 186.64±37.14 | 165.64±59.74 | 208.97±41.77 | 212.02±185.37 [#] |
| MDA/(nmol·mL ⁻¹) | 3.27±1.07 | 5.33±2.01* | 3.35±1.19 | 3.74±1.82 [#] |

注: *表示试验后与试验前对比具有显著差异, $P<0.05$, **表示试验后与试验前对比具有非常显著差异, $P<0.01$; #表示以试验前作为协变量,对照组与试验组具有显著差异, $P<0.05$, ##表示对照组与试验组具有非常显著差异, $P<0.01$ 。

3 分析与讨论

3.1 WPI对运动员免疫系统机能的影响及其机制

本研究选择的均是以往优秀运动员免疫机能变化相关研究中常用的观察指标。剧烈的运动训练会导致

运动员出现免疫机能失衡,对运动员身体机能和竞技水平产生不利影响.训练负荷是影响机体免疫机能的重要因素.中等负荷训练促进机体免疫机能,大负荷训练会降低免疫机能,但随着对训练负荷的适应,机体免疫机能又会加强,使得优秀运动员高负荷训练中免疫学指标变化特征存在不一致的研究报道^[10-11].

WP被运动员广泛使用的原因除了高热量和促肌肉合成外,它的另外一个功能是免疫促进,能够促进组织修复和刺激IgA的产生^[12].超重和肥胖的绝经后女性在单次餐后服用WPI后的血清炎症标志物IL-6和肿瘤坏死因子 α (TNF- α)与对照组比较均无显著差异,提示WPI对机体的益处最好通过长期服用来进行观察^[13].如HIV患者在持续2周服用WP(45 g/d)过程中,多项免疫功能指标均无显著变化.目前,仅有一项研究比较了WPC与浓缩牛初乳蛋白(CPC)对优秀男子自行车运动员免疫机能的影响.与WPC相比,CPC能够显著抑制T细胞CD3+CD8+亚群的下降^[14].本研究结果显示,对照组的IL-4和IFN- γ 含量在试验后较试验前显著降低($P<0.01$, $P<0.05$),提示对照组接受4周赛前训练后的Th1/Th2免疫平衡虽未打破,但机体出现了明显的免疫功能抑制.与以往的部分报道存在不一致的原因可能与本研究中赛前训练阶段的负荷安排有所差异.以试验前水平作为协变量,试验后的CD4,IL-4和IFN- γ 水平E组均显著高于C组($P<0.05$, $P<0.05$, $P<0.05$),提示补充WPI能够显著地激活机体的细胞和体液免疫水平,阻止了免疫抑制现象的发生.

WPI激活运动员免疫机能可能因其含有丰富的BCCA,如Val和Leu等,均为人体中合成谷氨酰胺的原料.谷氨酰胺是机体免疫系统的重要燃料,有助于增强免疫系统功能,糖尿病模型大鼠的T细胞亚群CD4+/CD8+比值显著低于正常水平,而补充L-谷氨酰胺和WP均可以导致CD4+/CD8+与正常组无显著差异^[15].尽管Cribb等发现在10周抗阻训练期间补充WPI(1.5 g/kg 体重质量/d)对试验前、后的血清谷氨酰胺水平无显著影响^[16],但该研究中所选择的受试者为健美运动员,其抗阻训练计划以无氧供能方式为主.与诸如长跑、游泳和自行车运动员比较,举重运动员尽管蛋白质摄入量高,但血液谷氨酰胺水平却最低.剧烈无氧训练后血浆谷氨酰胺水平显著下降.因此,健美等力量型项目运动员抗阻训练的同时补充高蛋白质易于出现血浆谷氨酰胺水平的下降.此外,由于谷氨酰胺同样有促进肌肉合成的作用,认为阴性结果的出现还可能与肌肉合成过程中被大量消耗有关,受试者在试验后的瘦体质量从67.1 kg显著增加到72.1 kg.

3.2 WPI对运动员抗氧化系统能力的影响及其机制

运动员在剧烈的运动训练期间,易出现自由基代谢紊乱,使促/抗氧化平衡失调,过氧化产物增加^[17].常规饮食中补充WP能使接受游泳训练的大鼠肌肉中稳态自由基浓度和还原型/氧化型谷胱甘肽产生显著变化,表明WP能够阻止氧化应激^[18].但补充WPI能否通过调节自由基代谢途径改善优秀运动员运动性疲劳的研究尚未见报道.本研究中,对照组SOD和GST水平在试验后较试验前显著下降($P<0.01$, $P<0.01$),MDA水平显著升高($P<0.05$),提示赛前训练过程带给运动员过多的氧化应激,促/抗氧化平衡失调.试验组中仅SOD水平在试验后显著升高($P<0.05$),且试验后SOD,GST和GSH-Px水平E组均显著高于C组($P<0.05$, $P<0.01$, $P<0.01$),MDA水平E组则显著低于C组($P<0.05$).表明WPI有助于提高机体的抗氧化能力,尤其是GSH相关酶的活性,从而降低剧烈运动训练带来的氧化应激,减少自由基代谢产物.

WPI发挥抗氧化作用的主要机制是通过细胞内Cys与人体常见抗氧化剂——谷胱甘肽(GSH)之间的氨基酸转化.WPI中所富含的Cys是GSH的前体物质和GSH合成的限速氨基酸,其巯基(-SH)在GSH分子抗氧化效果发挥作用^[19].GSH是抗氧化系统,也是机体最重要的内源性非酶保护系统之一,可通过其还原性巯基参与体内重要的氧化还原反应.如巯基与体内的自由基结合转化成容易代谢的酸类物质,从而加速自由基的清除,减轻了自由基对细胞膜和DNA的损伤;也可以保护细胞内含巯基的酶的活性,如ATP酶,防止因巯基氧化而导致的蛋白质变性.此外,GSH还可在过氧化物酶和转硫酶的作用下进行自由基清除和代谢有害物质.补充水解后的WPI(500 mg/mL)能够显著增加人体前列腺细胞株RWPE-1中GSH的水平,增幅达到64%,并显著减少由于氧化导致的细胞死亡^[20].补充WPI结合抗阻训练使成年超重男性受试者的总抗氧化能力(TAC),GSH和维生素C试验后较试验前显著变化,且试验组在试验后的TAC,GSH显著高于对照组,该结果显示,尽管补充WPI与抗阻训练结合对于改善超重人群的抗氧化系统能力和降低心血管系统风险因素更有效^[21],但研究并未比较补充WPI单一因素对抗氧化系统的影响.持续2周服用WP(45 g/d)使HIV患者的GSH水平显著升高,且持续服用6个月后GSH水平仍显著高于服用前水平^[22],

单核细胞自体超氧阴离子释放稳定,而佛波醇酯(PMA)诱导超氧阴离子的释放显著降低^[23].

4 结 论

WPI能够明显提高运动员赛前训练阶段的抗氧化系统能力,主要通过增强抗氧化酶,尤其是谷胱甘肽相关酶的活性来减少自由基代谢产物的生成;WPI可能通过辅助性T细胞亚群和Th1/Th2免疫平衡细胞因子激活运动员的免疫机能.

参 考 文 献

- [1] Burd N A, Yang Y, Moore D R, et al. Greater stimulation of myofibrillar protein synthesis with ingestion of whey protein isolate v. micellar casein at rest and after resistance exercise in elderly men[J]. *Br J Nutr*, 2012, 108(6): 958-962.
- [2] Cooke M B, Rybalka E, Stathis C G, et al. Whey protein isolate attenuates strength decline after eccentrically-induced muscle damage in healthy individuals[J]. *J Int Soc Sports Nutr*, 2010, 7: 30.
- [3] Walker T B, Smith J, Herrera M, et al. The influence of 8 weeks of whey-protein and leucine supplementation on physical and cognitive performance[J]. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*, 2010, 20(5): 409-417.
- [4] Norton L E, Layman D K. Leucine regulates translation initiation of protein synthesis in skeletal muscle after exercise[J]. *J Nutr*, 2006, 136: S533-537.
- [5] Lands L C, Grey V L, Smountas A A. Effect of supplementation with a cysteine donor on muscular performance[J]. *J Appl Physiol*, 1999, 87: 1381-1385.
- [6] Novas A M P, Rowbottom D G, Jenkins D G. Tennis, incidence of URTI and salivary IgA[J]. *Int J Sports Med*, 2003, 24: 223-229.
- [7] Ji L L. Exercise-induced modulation of antioxidant defense[J]. *Ann NY Acad Sci*, 2002, 959: 82-92.
- [8] Low P P, Rutherford K J, Gill H S, et al. Effect of dietary whey protein concentrate on primary and secondary antibody responses in immunized BALB/c mice[J]. *Int Immunopharmacol*, 2003, 3: 393-401.
- [9] Bartfay W J, Davis M T, Medves J M, et al. Milk whey protein decreases oxygen free radical production in a murine model of chronic iron-overload cardiomyopathy[J]. *Can J Cardiol*, 2003, 19: 1163-1168.
- [10] 马海峰, 吴 瑛. 穴位刺激对男子场地自行车运动员赛前T淋巴细胞亚群、NK细胞的调控[J]. *中国运动医学杂志*, 2011, 30(12): 1106-1110.
- [11] 高 明, 吴 瑛, 李国强. 艾灸对大负荷训练期间男子中长跑运动员T淋巴细胞亚群的影响[J]. *中国运动医学杂志*, 2011, 30(11): 997-1001.
- [12] Michalski M C, Januel C. Does homogenization affect the human health properties of cows milk[J]. *Food Sci Technol*, 2006, 17: 423-37.
- [13] Pal S, Ellis V. Acute effects of whey protein isolate on blood pressure, vascular function and inflammatory markers in overweight postmenopausal women[J]. *Br J Nutr*, 2011, 105(10): 1512-1519.
- [14] Shing C M, Peake J, Suzuki K, et al. Effects of bovine colostrum supplementation on immune variables in highly trained cyclists[J]. *J Appl Physiol*, 2007, 102: 1113-1122.
- [15] Neto R M, Guimaraes S B, Silva S L, et al. Glutamine or whey-protein supplementation on alloxan-induced diabetic rats: Effects on CD4+ and CD8+ lymphocytes[J]. *Acta Cir Bras*, 2007, 22(3): 215-219.
- [16] Cribb P J, Williams A D, Hayes A, et al. The effect of whey isolate on strength, body composition and plasma glutamine[J]. *Int J Sports Nutr Exerc Metab*, 2006, 16: 494-509.
- [17] Tong T K, Lin H, Lippi G, et al. Serum oxidant and antioxidant status in adolescents undergoing professional endurance sports training[J]. *Oxid Med Cell Longev*, 2012, 2012: 741239.
- [18] Elia D, Stadler K, Horvath V, et al. Effect of soy- and whey protein-isolate supplemented diet on the redox parameters of trained mice[J]. *Eur J Nutr*, 2006, 45(5): 259-266.
- [19] Bounous G, Molson J H. The antioxidant system[J]. *Anticancer Res*, 2003, 23(2B): 1411-1415.
- [20] Kent K D, Harper W J, Bomser J A. Effect of whey protein isolate on intracellular glutathione and oxidant-induced cell death in human prostate epithelial cells[J]. *Toxicol In Vitro*, 2003, 17(1): 27-33.
- [21] Vatani D S, Golzar F A K. Changes in antioxidant status and cardiovascular risk factors of overweight young men after six weeks supplementation of whey protein isolate and resistance training[J]. *Appetite*, 2012, 59(3): 673-678.
- [22] Micke P, Beeh K M, Buhl R. Effects of long-term supplementation with whey proteins on plasma glutathione levels of HIV-infected patients[J]. *Eur J Nutr*, 2002, 41(1): 12-18.
- [23] Micke P, Beeh K M, Schlaak J F, et al. Oral supplementation with whey proteins increases plasma glutathione levels of HIV-infected patients[J]. *Eur J Clin Invest*, 2001, 31(2): 171-178.

Effect of WPI on Immune Function and Antioxidant Capacity During Specific Training Period before Competition in Elite Track and Field Athletes

LI Wenhua¹, YANG Xiangang²

(1. Sports Training School, Shenyang Sport University, Shenyang 110102, China;

2. Hebei Research Institute of Sports Science, Shijiazhuang 050001, China)

Abstract: Objective: To investigate the effect of WPI (whey protein isolate) on athletes' immune function and antioxidant capacity during specific training period before competition. Method: During specific training period, seventeen elite male middle distance runners were randomly divided into experimental group (E, n=9) and the control group (C, n=8). Except normal diet, athletes only in E group took WPI for 4 weeks with 22 g every time and once every day. Indicators of immune function and antioxidant capacity in blood were determined. Result: (1) In post-test, the levels of CD4, IL-4 and IFN- γ in E group were all higher than those in C group ($P<0.05$, $P<0.05$, $P<0.05$). No significantly difference between two groups in other indicators was found. (2) In post-test, the levels of SOD, GST and GSH-Px in E group were higher than those in C group ($P<0.05$, $P<0.01$, $P<0.01$), while MDA was lower ($P<0.05$). Conclusion: (1) During specific training period before competition, WPI could obviously increase antioxidant capacity of athletes, mainly by enhancing the activity of antioxidant, especially for glutathione-related enzymes, reduced the production of free radicals metabolites. (2) Also, WPI might help to activate immune function, by activation of helper T lymphocytes and regulation of cytokines involved in Th1/Th2 immune balance simultaneously.

Keywords: WPI; immune function; antioxidant capacity

(上接第 128 页)

Sex Determination from the Metacarpals in *Macaac mulatta* using Logistic Regression

HU Fengxia^a, HU Haiyang^b, TIAN Huaxiang^a, ZHAO Zhe^b, SU Ruiping^a, ZHAO Xiaojin^a

(a. College of Fisheries; b. College of Life Sciences, Henan Normal University, Xinxiang 453007, China)

Abstract: Logistic regression was used in order to predict sex based on values of predictor variables of the metacarpal. ROC analysis was used to assess sexing performance at several different measurement values, different sides of the body throughout the distribution and which metacarpals would produce the greatest accuracy. The sample selected for this study consists of 44 skeletons of adult *Macaac mulatta* (14 males, 30 females) from Taihang Mountains. Data was analyzed using SPSS 20.0 version. Seven variables were taken on each metacarpals. Stepwise logistic regression model were performed using all seven variables to choose the best variable. Results: In the models the best variable for the metacarpals is LG followed by HH, HW, BH and BW Logistic regression models were formed to estimate sex, ranging from 71.4%-100.0% for the pooled individuals being correctly classified. There were very small bilateral differences by using ROC analysis, and the AUC values were similar between two sides, with 0.969 and 0.978 for left and right metacarpals, respectively. For five metacarpals of both hands in this study, the percentage of correct classification was higher for MC2, MC4 and MC5 (90.0%-94.9%) and lower MC1 and MC3 (85.8%-87.5%), respectively. In general, results from this study suggest that the measurements of metacarpals appear to be good discriminators of sex. These findings suggest that the pattern of sexual dimorphism for metacarpals may be different from that in human.

Keywords: *Macaca mulatta*; metacarpal; sex dimorphism; logistic regression; ROC analysis