

·运动人体科学·

## 尼尔通对足球运动员最大有氧能力的影响

张立, 阳善松

(武汉体育学院 运动生理教研室, 湖北 武汉 430071)

**摘 要:** PALIER 测试能够较好地评定足球运动员的最大有氧能力。尼尔通作为外源性磷酸肌酸能有效提高最大有氧能力, 其作用机理是通过供给心肌及骨骼肌细胞代谢所需要的能量和促进膜稳定作用及改善组织微循环等功效来实现的。

**关键词:** PALIER 测试; 最大有氧能力; 外源性磷酸肌酸

**中图分类号:** G843.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1006-7116(2003)04-0053-04

### The influence of exogenous creatine phosphate for improving maximal aerobic capacity of footballer before and after Palier test

ZHANG Li, YANG Shan-song

(Section of Sports Physiology, Wuhan Institute of Physical Education, Wuhan 430071, China)

**Abstract:** Palier Test is a good indicator for evaluating maximal aerobic capacity of footballer. Exogenous creatine phosphate can be widely utilized for promoting maximal aerobic capacity by supplying the energy to cardiac and skeletal muscles and improving microcirculation of muscle and protecting the membrane of cells during intensive exercise.

**Key words:** Palier test; maximal aerobic capacity; exogenous creatine phosphate

PALIER 测试是由著名法国运动生理学家 PALIER 发明的一种场地最大有氧能力的测试方法, 又称为“嘀”测试。设计原理为一种场地递增强度运动, 由于受试者所跑的距离可以在 PALIER 机能表对应段中查到相应的最大摄氧量相对值 ( $\text{mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ ), 因此这种方法实际上是一种间接测定最大摄氧量的方法<sup>[1]</sup>。

尼尔通是一种外源性磷酸肌酸复合物, 曾在医学领域中广泛使用。心脏内、外科临床应用中把磷酸肌酸当做一种心肌保护剂<sup>[2]</sup>。由于外源性磷酸肌酸没有列为兴奋剂的范畴, 近年来被广泛应用于体育运动, 它具有保护骨骼肌和心肌免受大强度训练和比赛的紧张状态下造成的细胞内损害, 提高训练后肌肉的恢复等一系列生理、生化功能<sup>[3]</sup>。足球运动是在长时间剧烈拼抢中进行奔跑的运动, 实验证明有氧耐力在足球比赛时约占 70%~80%, 对于足球运动员来说有氧耐力的提高将会在很大程度上提高其整体技战术水平。那么磷酸肌酸是否对足球运动员长时间有氧耐力也具有促进作用便成为人们十分关注的问题, 因此本研究的目的是: 1) 应用 PALIER 测试方法探索足球运动员个体最大有氧能力的可行性; 2) 观察 PALIER 测试中使用尼尔通前后对足球运动员运动能力和最大有氧能力的影响; 3) 分析 PALIER 测试中尼尔

通影响人体最大有氧能力的机制, 评价其对足球运动员个体运动能力提高的作用效果。

### 1 研究对象与方法

#### 1.1 研究对象

湖北武汉红桃 K 足球队 (甲 B) 全体 19 名队员参加了本研究测试。受试者平均年龄为  $(25.4 \pm 2.5)$  岁; 平均体重为  $(73.2 \pm 4.3)$  kg; 平均身高为  $(177.7 \pm 6.2)$  cm。全部受试者均为中国足协注册并有参加甲 B 联赛资格的球员。

#### 1.2 PALIER 测试 1

测试在标准 400 m 田径场上进行, 使用尼尔通之前首先进行第 1 次 PALIER 测试。受试者测试前带上芬兰产 VANTAGE 遥测心率表, 整个运动过程的心率变化数据将储存在遥测心率表中。测试时在录音机磁带声的提示下受试者从 PALIER 1 开始起跑, 速度为 8.5 km/h。每完成一个 PALIER 需要 45 s, 在这 45 s 内有 3 个速度变量。当受试者每完成一个 15 s 跑后, 录音机便会发出一声“嘀”提示速度将会增加。受试者完成一个 PALIER 后, 录音机便会提示进入第 2 个 PALIER。因此整个测试不仅速度越来越快而且强度也越来越大。受试者起跑后一定要在规定的时间内当听到“嘀”时

收稿日期: 2002-12-20

作者简介: 张立 (1956-), 男, 副教授, 研究方向: 运动机能评定。

到达下一个标志筒,如果连续两个标志筒不能按要求的节奏到达时及达到本人的最大有氧能力。最后对照 PALIER 机表中相应的运动距离所对应的最大摄氧量值便可查到该受试者的最大摄氧量相对值。测试全过程的心率变化由心率表通过专用心率表基座与计数机相联,将全部信息输入计算机。

1.3 尼尔通的使用

第 1 次测试恢复 3 d 后开始使用尼尔通作为外源性磷酸肌酸补给剂。考虑到足球运动员以下肢运动为主,而且每天还要进行训练,将每天用药定在晚 8:00,以三角肌和臀大肌两处作为肌注部位。每次肌注尼尔通 500 mg,每天 1 次,20 d 为一个用药周期。用药期间一切训练照常进行,其中包括 4 次大强度训练。

1.4 PALIER 测试 2

20 d 用药周期结束 2 d 后根据第 1 次测试成绩将受试者

分为 3 组,跑 14~16 节为第 1 组;17~18 节组为第 2 组;19~20 节为第 3 组,进行第 2 次 PALIER 测试。测试方法和条件与第 1 次测试完全相同。测试结束后,将所有数据输入计算机应用 MICRO EXCEL 程序进行统计学分析。

2 研究结果

2.1 PALIER 测试中不同运动能力与最大摄氧量的关系

将 19 名受试者 PALIER 测试 1 中完成的运动距离与 PALIER 估测表中对应最大吸氧量相对值进行相关分析发现,运动能力与最大摄氧量具有高度相关( $r = 0.93, P < 0.001$ )(见图 1)。为证明 PALIER 测试反映受试者最大摄氧量的可行性,测试 2 完成后将提高的运动距离与表中的指标再做相关分析,发现运动能力与最大摄氧量之间仍然表现出高度的相关( $r = 0.96, P < 0.001$ )(见图 2)。说明 PALIER 测试能够较好地反映足球运动员的实际最大有氧能力。

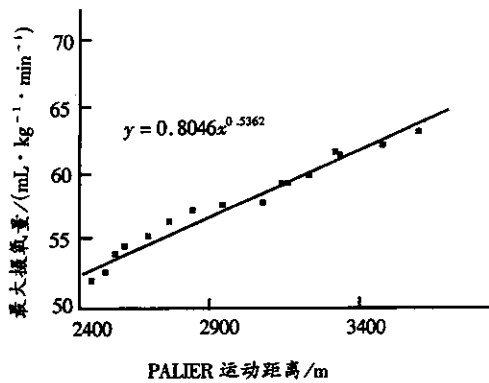


图 1 测试 1 运动距离与最大摄氧量的关系

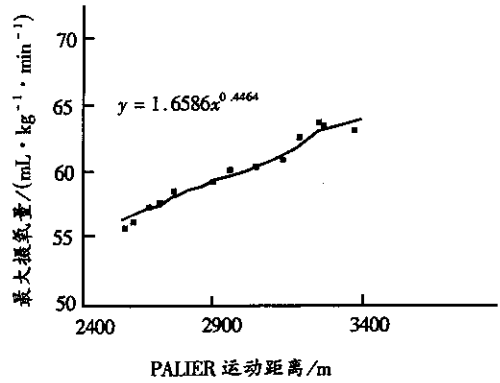


图 2 测试 2 运动距离与最大摄氧量的关系

表 1 全部受试者各综合指标的比较

组别	受试者	测试一	完成距离/m	VO <sub>2max</sub> /(mL·kg <sup>-1</sup> ·min <sup>-1</sup> )	心率/(次·min <sup>-1</sup> )	测试二	完成距离/m	VO <sub>2max</sub> /(mL·kg <sup>-1</sup> ·min <sup>-1</sup> )	心率/(次·min <sup>-1</sup> )
1 组	1	14 节 15 s	2 520	52.9	184	15 节 15 s	2 590	54.7	186
	2	14 节 45 s	2 570	53.8	182	15 节 30 s	2 620	55.1	185
	3	15 节 30 s	2 610	55.1	181	16 节 30 s	2 730	56.8	183
	4	15 节 45 s	2 650	55.6	188	16 节 45 s	2 770	57.3	188
	5	16 节 15 s	2 710	56.4	188	17 节 15 s	2 830	58.2	188
	6	16 节 45 s	2 770	57.3	187	17 节 15 s	2 840	58.2	189
2 组	7	17 节 15 s	2 840	58.2	191	17 节 45 s	3 000	59.1	190
	8	17 节 30 s	2 920	58.6	194	17 节 45 s	2 990	59.1	195
	9	17 节 45 s	3 090	59.1	189	18 节 15 s	3 050	59.9	189
	10	17 节 45 s	3 100	59.1	190	18 节 30 s	3 150	60.3	189
	11	18 节 30 s	3 140	60.3	192	18 节 30 s	3 140	60.3	195
	12	18 节 30 s	3 140	60.3	180	18 节 45 s	3 220	60.8	186
	13	18 节 30 s	3 150	60.3	197	19 节 15 s	3 310	62.6	199
	14	18 节 45 s	3 220	60.8	185	19 节 30 s	3 450	63.1	184
3 组	15	19 节 15 s	3 320	62.6	188	19 节 30 s	3 460	63.1	186
	16	19 节 15 s	3 310	62.6	194	19 节 45 s	3 520	62.6	194
	17	19 节 30 s	3 460	63.1	198	19 节 30 s	3 460	63.1	198
	18	19 节 30 s	3 460	63.1	189	19 节 45 s	3 520	62.6	190
	19	20 节 15 s	3 600	63.4	198	20 节 15 s	3 610	63.4	196

## 2.2 尼尔通使用前后受试者运动能力的比较

表1(第54页)显示全部19名受试者在PALIER测试中的运动距离及各机能指标。测试1中受试者平均运动距离为3 030.5 m,使用尼尔通后受试者在测试2中运动能力显著提高,达到3 121.3 m( $P < 0.05$ )(见表2)。比较不同运动能力受试者运动距离发现,使用尼尔通前后效果有所不同,1组和2组两组中运动能力较差的受试者有氧奔跑能力提高明显,具有显著性差异( $P < 0.05$ ),而组3受试者虽有所提高但无显著性差异。

表2 受试者测试1与测试2各指标的差异比较  $\bar{x} \pm s$

测试	运动距离/m	最大摄氧量/( $\text{mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ )	心率/( $\text{次} \cdot \text{min}^{-1}$ )
测试1	3 030.5 ± 58	59.3 ± 4.7	189.2 ± 8.3
测试2	3 121.3 ± 43	63.1 ± 4.1	190.7 ± 9.5
P值	<0.05	<0.05	>0.05

## 2.3 尼尔通使用前后受试者最大摄氧量的比较

所有19名受试者测试一中平均最大摄氧量相对值为59.3  $\text{mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ ,尼尔通使用后测试2平均为63.1  $\text{mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ ,两者具有显著性差异( $P < 0.05$ )。比较不同运动能力受试者使用尼尔通前后最大摄氧量的变化,发现具有与运动能力提高相同的特征,即1组和2组两组中运动能力较差的受试者最大摄氧量相对值提高明显,具有显著性差异( $P < 0.05$ ),而3组受试者虽有所提高但无显著性差异( $P > 0.05$ )。与最大摄氧量变化不同的是3个组在两次测试时的心率变化则无显著性差异(见表3),但心率反应较为强烈。

表3 三组不同运动能力受试者各指标差异比较

测试	1组		2组		3组	
	距离 <sup>1)</sup>	摄氧量 <sup>2)</sup>	距离	摄氧量	距离	摄氧量
测试1	2 638.3	55.31	85.5	3 075.0	59.6	189.6
测试2	2 741.2	58.5	188.0	3 173.7	61.9	194.4
P值	<0.05	<0.05	>0.05	<0.05	>0.05	>0.05

1)距离单位 m;2)摄氧量单位:  $\text{mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ ;3)心率单位:次/min

## 3 分析与讨论

本研究中受试者在PALIER测试中获得的最大吸氧量相对值与测试中的强度呈高度相关证明该测试能够客观而有效地反映运动员个体最大有氧能力,特别是PALIER测试能够在田径或足球场上进行,方法简单易行,所以对足球运动员的最大有氧能力评定具有实际意义。

从PALIER测试中受试者心率反应看,本研究中心率反应要大于Conconi<sup>[4]</sup>测试时的拐点心率。这一现象或许是PALIER测试的特点之一,PALIER测试的每一个强度的递增运动时间较长,而且每一个节段的强度等级跨度较小,能够使心血管机能有足够的时间适应,从而使运动时代谢发生明显改变。本研究两次测试中尽管受试者运动能力有差异,但三个组平均心率都超过了185次/min,而3组的受试者心率

则在190次/min以上。McArdle等人<sup>[5]</sup>认为最大摄氧量心率一般为175次/min左右,从PALIER测试中心血管机能反应可以证明该测试能够较好的评定由有氧运动过度到无氧运动全过程的生理机能变化。

在论及最大有氧能力时人们更多提及的是心脏的泵血机能,很少有人涉及关于心肌长时间工作时的疲劳问题。由于心脏的潜在工作能力大大小于呼吸系统功能,心肌是否能长时间工作,保持射血能力不下降便成为制约最大有氧能力不可忽视的因素。外源性磷酸肌酸作为能源物质对运动能力的提高起着非常重要的作用,但从临床角度看,对心血管系统的主要功用如下:1)更好地恢复自发性心律;2)降低心肺复苏后心律失常和房室阻滞的发生;3)降低直流电除颤的强度及所需的总脉冲次数;4)减少使用正性肌力药的剂量;5)减少心肌酶的释放<sup>[6]</sup>。对磷酸肌酸在医学领域研究的同时也发现了它在大强度、长时间运动时对心肌的影响作用。大强度长时间运动时心脏工作加剧,心肌代谢加强,心肌细胞液ATP耗竭,而尼尔通(磷酸肌酸)能在CPK及其同工酶的作用下,将ADP转化成ATP,加强了 $\text{Na}^+ - \text{K}^+ - \text{ATP}$ 离子泵、 $\text{Ca}^{2+}$ 泵的能量供应,维持跨膜离子梯度,稳定膜电位,减少了心肌工作失常的发生<sup>[7]</sup>。同时尼尔通还抑制5-核苷酸酶活性,使AMP降减不可逆反应得到控制,不致生成过多的腺嘌呤核苷、次黄嘌呤等而流出细胞外。另外,尼尔通还具有对抗ADP对PRPP合成酶抑制作用能力,从而使细胞核苷酸得以保存以便合成ADP,维持了ATP水平,以供给心肌细胞代谢所需要的能量。ATP的充足供给为肌动蛋白-肌球蛋白丝的滑行提供能量,为 $\text{Ca}^{2+}$ 顺利返流肌浆网,避免细胞内游离高 $\text{Ca}^{2+}$ ,不至使收缩蛋白之间牢固结合而形成心肌的缺血性痉挛,使心肌收缩力迅速恢复。以上这些都是磷酸肌酸作为心肌保护剂避免心肌因长时间工作而产生疲劳的作用原理<sup>[8]</sup>。本研究证明,3组受试者使用尼尔通后各组运动距离和最大摄氧量最大有氧耐力水平都有提高,证明受试者在长时间工作时尼尔通能够通过对其心血管机能的改善来起作用。

运动时骨骼肌肉组织是主要的耗能器官,剧烈运动时会造成暂时性肌肉缺血和低氧,这样便会使部分肌细胞受损,使用外源性磷酸肌酸后,此类症状会明显减少甚至消失。因为磷酸肌酸是一个两性性分子(兼性离子),兼性离子特性使它能够与细胞膜的磷脂极性头端相结合,这样就降低了膜的流动性,增加了膜的可塑性,增强了膜的紧密性,还减少了脂质层在细胞内外环境中的暴露,保护了肌细胞免于受伤害,也减少了胞内酶及其作用物的漏出<sup>[9]</sup>。而且,由于磷酸肌酸有膜稳定作用,所以在运动中应用外源性磷酸肌酸还可以有效稳定血管内皮并可增强体液因子的内皮依赖性血管舒张作用,以提高肌肉毛细血管血流量,改善微循环,加快微循环内代谢产物排出从而提高肌肉长时间工作能力<sup>[10]</sup>。

## 4 结论

(1)两次PALIER测试不同运动能力受试者运动能力与最大摄氧量具有高度相关,说明PALIER测试能够较好地反

映实际最大有氧能力。

(2)比较使用尼尔通前后两次 PALIER 测试发现不同运动能力受试者运动距离和最大摄氧量均有提高,但发现效果有所不同,1组和2组两组中运动能力较差的受试者提高明显,而3组受试者虽有所提高但无显著性差异。

(3)尼尔通通过供给心肌及骨骼肌肉细胞代谢所需要的能量和促进膜稳定作用及改善组织微循环等功效来实现对人体最大有氧能力的改善。

#### 参考文献:

- [1] Borsetto R. Physiological Testing Int[M]. Congress Science and Sports Montreal, 1992.
- [2] Bolter C. Intrinsic rate and cholinergic sensitivity of isolated atria from trained and sedentary rats[J]. Proc Soc Exp Biol Med, 1981, 144:364.
- [3] Greenhaff PL. Creatine: its role in physical performance and Fatigue and its application as a sports food supplement[J]. Insider, 1995(3):1-4.
- [4] Conconi F. Conconi test for anaerobic threshold[J]. J Appl Physiol, 1982(52):869.
- [5] McArdle W D. Specificity of run training on  $VO_{2max}$  and heart rate changes during running and swimming[J]. Med Sci Sports, 1989(10):16.
- [6] Harov. Protection of ischemic myocardium by exogenous phosphocreatin (Neoton): Pharmacokinetics of phosphocreatine, reduction of infarct size, stabilization of sarcolemma of ischemic cardiomyocytes and antithrombotic action[J]. Biochem Med and metab Biol, 1986(35):101-114.
- [7] Saks V A. Strumia E. Phosphocreatine: molecular and cellular aspects of the mechanism of cardioprotective action[J]. Curr. Ther. Res, 1993(35):565-598.
- [8] Saks V A. Molecular and cellular mechanisms of action for the cardioprotective and therapeutic role of phosphate, creatine and creatine phosphate: Scientific and clinical perpectives, academic[J]. Press Ltd Chap, 1996(7):91-114.
- [9] Moibenko A A. Effect of exogenous phosphocreatine on endothelium and endothelium dependent vascular reactions in immune cardiac injury[J]. Curr Ther Res, 1992(52):6.
- [10] Zucchi R. Protection of isolated rat heart from oxidative stress by exogenous creatine phosphate[J]. J Mol Cell Cardiol, 1989(21):67-73.

[编辑: 邦植友]

# 补充抗氧化剂对老年运动小鼠骨骼肌抗氧化水平的影响

卢健, 陈彩珍, 许永刚, 赖荣兴

(广州体育学院 科研所, 广东 广州 510075)

**摘要:** 为了解抗氧化剂(维生素 E、维生素 C 和硒)对老年运动小鼠抗氧化能力的影响, 给老年运动小鼠补充抗氧化剂(每 5 mL 饮用水中含 VitE 0.25 IU, VitC 0.5 mg、亚硒酸钠 0.005 mg)5 个月, 测定小鼠骨骼肌线粒体及胞浆抗氧化酶活性。结果表明, 补充抗氧化剂后运动小鼠骨骼肌 CuZnSOD 及 MnSOD 活性下降, 胞浆 GSH-px 活性明显升高, 而线粒体 GSH-px 及胞浆 Cat 活性无显著性变化, 补充抗氧化剂的小鼠骨骼肌线粒体脂褐素含量明显降低。抗氧化剂可适度减轻运动鼠的氧化应激水平。

**关键词:** 抗氧化剂; 运动小鼠; 抗氧化酶; 骨骼肌

中图分类号: G804.7 文献标识码: A 文章编号: 1006-7116(2003)04-0058-03

## Effect of antioxidant on lipid peroxidation in skeletal muscle of exercise training aged mice

LU Jian, CHEN Cai-zhen, XU Yong-gang, LAI Rong-xing

(Scientific Search Section, Guangzhou Institute of Physical Education, Guangzhou 510075, China)

**Abstract:** To investigate the effect of antioxidant (Vitamin E, Vitamin C and Selenium) on the antioxidant ability of exercise training aged mice, the present experiment detected antioxidant enzymes activities in mitochondria and cytol of skeletal muscle after antioxidant supplementation for 5 months. The results showed that compared with control group, CuZnSOD and MnSOD activities in mitochondria decreased, GSH-px in cytol increased, while GSH-px in mitochondria and Catalase in cytol were no significant changes, and the level of Lipofuscin in mitochondria decreased significantly. The results suggested that the oxidant and antioxidant system were in a status of a dynamic equilibrium after antioxidant supplementation.

**Key words:** antioxidant; exercise mice; antioxidant enzyme; skeletal muscle

有研究提出衰老过程源于自由基对细胞及组织的损害, 不同年龄机体抗氧化剂水平随年龄增加而下降<sup>[1]</sup>, 老年人血液中硒及硫醇水平降低, 血浆、血小板、白细胞的维生素 C 水平显著低下, 这些抗氧化剂水平的下降反映了老年机体对自由基的抵御能力下降。如果健康和寿命显著受氧化应激影响的话, 那么内源性酶性和外源性非酶性抗氧化剂应能影响健康和寿命。如果内源性酶性抗氧化剂不能有效清除 O<sub>2</sub><sup>-</sup> 和氧自由基, 那么外源性非酶性抗氧化剂的补充可能提供第 2 条防御线。本研究试图观察几种抗氧化剂(维生素 E、维生素 C 和硒)对老年运动小鼠在增加抗氧化能力和减少氧化应激方面的协同作用。

## 1 材料和方法

(1) 实验动物运动模型的建立: 本研究选择近交系 C57BL/6J 雄性小鼠为实验对象, 2 月龄小鼠购自第一军医大学实验动物中心, 所有动物均在相同环境下饲养。小鼠 5 月龄后开始运动训练, 训练的方式为跑转笼, 将小鼠放进直径

为 17 cm 的带轴承转笼, 让其主动跑笼, 第 1 d 跑 10 min, 以后每天增加 10 min, 直至每天 1 h, 每周运动 5 d。本研究所设组别为运动训练组(20 月龄, 训练 15 个月), 安静组(20 月龄, 未经运动训练), 运动加药组(20 月龄, 训练 15 个月, 同时补充 VitE、VitC 和硒, 补充量为每 5 mL 饮用水中含 VitE 0.25 IU, VitC 0.5 mg, Se 0.005 mg), 加药组、青年组(5 月龄, 未经训练)。每组各 10 只小鼠。

(2) 主要试剂和仪器: GSH、DTNB、TEP、TBA 购自 Sigma 公司, 其余试剂均为国产分析纯。主要仪器有: 731 型紫外分光光度计及 970 荧光分光光度计(上海第三分析仪器厂)。

(3) 实验方法: 1) 线粒体的制备。将小鼠断头放血, 迅速剥取腓肠肌并称重, 按 1:10 的比例(即 1 g 腓肠肌放入 10 mL 缓冲液中)将肌肉放入预冷的缓冲液中剪碎, 电动玻璃匀浆器中匀浆, 然后将匀浆液离心(3 000 r/min, 10 min), 去沉淀, 上清液再次离心(10 000 r/min, 10 min), 得沉淀, 用缓冲液将所得沉淀洗两次, 加入一定量缓冲液制备成线粒体悬液。2) SOD 活性的测定。改良的连苯三酚自氧化法<sup>[2]</sup>; 谷胱甘肽过

收稿日期: 2002-12-05

基金项目: 国家体育总局局管课题(编号: 97060), 广东省高等学校基础研究课题(编号: 9746)。

作者简介: 卢健(1962-), 男, 副教授, 博士, 研究方向: 运动生物化学。