

牛蒡子对运动训练大鼠睾酮及相关激素含量 和抗运动疲劳能力的影响

娄春善¹, 曹建民², 郭娴², 周海涛^{3*}

(1. 河北师范大学, 石家庄 050024; 2. 北京体育大学, 北京 100084;
3. 北京联合大学 生物化学工程学院, 北京 100023)

[摘要] 目的:研究牛蒡子对运动训练大鼠睾酮及相关激素含量和抗疲劳能力的影响。方法:以大强度耐力训练大鼠为模型,55只42d龄雄性Wistar大鼠为对象,随机分为5组:静止组(C组)、运动组(M组)、运动+低剂量牛蒡子组(AML组)、运动+中剂量牛蒡子组(AMM组)、运动+高剂量牛蒡子组(AMH组),每组10只(剔除不符合实验要求的大鼠5只)。每天灌胃*ig*给药1次,牛蒡子组剂量分为0.5,1,3 g·kg⁻¹,*ig*体积为5 mL·kg⁻¹,C,M组*ig*等量生理盐水。42d力竭游泳训练后,测定体重、力竭游泳时间及血睾酮等生化指标。结果:体重,运动组小于静止组($P < 0.05$);牛蒡子各组>运动组($P < 0.05$)。力竭游泳时间,运动组与静止组无明显差异;牛蒡子各组明显长于运动组($P < 0.01$),且随剂量增大而延长。血清睾酮水平,运动组为(3.51 ± 1.46) nmol·L⁻¹低于静止组($P < 0.01$);牛蒡子低、中、高剂量组分别为(4.85 ± 1.54), (4.97 ± 1.47), (5.07 ± 1.56) nmol·L⁻¹,高于运动组($P < 0.01$)。血清皮质酮水平,各组间均无显著差异。血清睾酮与皮质酮比值变化与睾酮变化较为一致。血清促黄体生成素、促卵泡激素水平,静止组与运动组无显著差异;牛蒡子各组高于运动组($P < 0.05$)。结论:补充牛蒡子可以从多靶点、多途径纠正由于运动导致的下丘脑-垂体-性腺轴功能的紊乱,有效预防血清睾酮水平的降低,进而增强抗疲劳能力。

[关键词] 牛蒡子; 睾酮; 皮质酮; 促黄体生成素; 促卵泡激素; 抗疲劳

[中图分类号] R285.5 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1005-9903(2015)04-0153-05

[doi] 10.13422/j.cnki.syfjx.2015040153

Effect of Arctii Fructus on Testosterone Content, Correlated Hormones Content and Exercise Capacity in Rats Receiving Exercise Training

LOU Chun-shan¹, CAO Jian-min², GUO Xian², ZHOU Hai-tao^{3*}
(1. Hebei Normal University, Shijiazhuang 050024, China; 2. Beijing Sport University, Beijing 100084, China; 3. Biochemical Engineering College of Beijing Union University, Beijing 100023, China)

[Abstract] **Objective:** To study the effects of Arctii Fructus on the content of testosterone, correlated hormones and anti-fatigue ability of rats after exercise. **Method:** By using the model of high-intensity endurance training, fifty-five 6-week-old male Wistar rats were randomly divided into 5 groups, with 10 in each group (5 rats which did not meet the requirement were removed): still in control group (C group), motion control group (M group), exercise + *ig* low-dose Arctii Fructus group (AML group), exercise + *ig* middle-dose Arctii Fructus group (AMM group), and exercise + *ig* high-dose Arctii Fructus group (AMH group). Gavage was performed using professional device once a day. The rats in Arctii Fructus groups were gavaged with 0.5, 1, 3 g·kg⁻¹ with *ig* volume of 5 mL·kg⁻¹. The rats in C and M groups were given saline of same volume. After 42 days of exhaustive swimming training, body weight, swimming time and serum testosterone and other biochemical markers were measured. **Result:** Body weight of the rats in M groups lower than that in C group ($P < 0.05$), and that in all doses of Arctii Fructus groups was higher than in M group ($P < 0.05$) which did not show any differences between groups. Swimming time in all doses of Arctii Fructus groups was longer than in M group ($P < 0.01$), and there

[收稿日期] 20140812(015)

[基金项目] 河北省教育厅重点项目(ZD20131100)

[第一作者] 娄春善, 硕士, 讲师, 从事运动营养学, Tel:13933817073, E-mail:Missmelou@163.com

[通讯作者] *周海涛, 副教授, 硕士, 从事运动性疲劳与恢复, Tel:13611383040, E-mail:zsettle@sina.com

were dose-response. But there were no differences between C and M groups. Serum testosterone in M group was lower than C group ($P < 0.01$), in the same time, serum testosterone was higher in all doses of *Arctii Fructus* groups than M group ($P < 0.01$). The serum corticosterone levels in each group showed no significant differences. Changes in the ratio of serum testosterone/corticosterone were more consistent with testosterone changes among the groups. There were no differences in luteinizing hormone and follicle-stimulating hormone between C group and M group. But luteinizing hormone in all doses of *Arctii Fructus* groups was higher than in M group ($P < 0.05$). In the mean time, follicle-stimulating hormone in all doses of *Arctii Fructus* groups was higher than in M group ($P < 0.05$). There were no differences in both luteinizing hormone and follicle-stimulating hormone between groups in all doses of *Arctii Fructus* groups and there were dose-response. **Conclusion:** The supplement of *Arctii Fructus* can alleviate the hypothalamus-pituitary-gonad axis function disorder caused by exercise through multiple targets and multiple ways. *Arctii Fructus* can prevent the decrease of serum testosterone after high-intensity exercise and improve anti-fatigue ability.

[Key words] *Arctii Fructus*; testosterone; corticosterone; luteinizing hormone; follicle-stimulating hormone; anti-fatigue

牛蒡子味辛苦、性寒、归肺胃二经,具有疏散风热、解毒透疹、利咽消肿等功效。现代医学研究证明,牛蒡子具有补肾壮阳、抗菌、抗肿瘤、降血糖等药理作用^[1]。睾酮(testosterone, T)是促进合成的激素,与运动能力关系密切。研究表明睾酮可以显著增加运动员肌肉蛋白质的合成和肌肉力量,提高肌肉对葡萄糖的吸收和肌糖原的合成与贮备。当今在竞技体育中,为了获得尽可能大的成就,长时间采用大运动量训练,易于使运动员处于过度紧张状态,常常影响到激素自身的分泌节律以及同化激素和异化激素之间的动态平衡,呈现血睾酮水平下降,进而导致体能下降、运动能力降低或产生疲劳^[2-3]。如何采取有效的措施提高运动员血睾酮水平,预防运动性低血睾酮现象的发生,一直是国内外运动医学界研究的热点。本文以大强度耐力训练大鼠为模型,研究牛蒡子对运动训练大鼠睾酮含量、物质代谢与抗运动疲劳能力的影响,旨在为其临床应用提供理论依据。

1 材料

1.1 药物 牛蒡子,产自江苏徐州,北京同仁堂购得,批号 140221405,经天津中瑞药业有限公司高占友高级工程师鉴定为菊科牛蒡属草本植物牛蒡 *Arctium lappa* 的干燥成熟果实。称取 200 g 加 12 倍水煎 3 次,每次 1 h,2 次药液过滤后合并,浓缩至生药质量浓度 $2 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1}$, $4 \text{ }^\circ\text{C}$ 存放备用^[4]。

1.2 试剂盒 睾酮、皮质酮(corticosterone, C)、促黄体生成素(luteinizing hormone, LH)和促卵泡刺激素(follicle-stimulating hormone, FSH)试剂盒(天津九鼎医学生物工程有限公司提供,批号 20140503)。

1.3 动物 SPF 级 55 只雄性 Wistar 大鼠,42 d 龄,平均体重 $(193.5 \pm 13.5) \text{ g}$,北京大学医学部实验动物科

学部提供,合格证号 SCXK(京)2006-0008。在整个实验过程中,实验室内温度保持在 $(22 \pm 2) \text{ }^\circ\text{C}$,相对湿度 55% ~ 75%,光照时间随自然变化。所有实验大鼠均以基础饲料(北京大学医学部实验动物科学部提供)和蒸馏水常规饲养,自由饮食。实验时间为 49 d,正式训练时间为 42 d。

1.4 仪器 STAT FAX 2100 型全自动酶标仪(美国阿尼朗斯),LG 10-3A 型高速冷冻离心机(北京医用离心机厂),SHH W21 Cr600 型三用电热恒温水箱(北京市东霞科学仪器厂),UV7502pcs 型紫外-可见分光光度计(上海欣茂仪器有限公司)。

2 方法

2.1 动物分组 大鼠适应性饲养 4 d 后,以 $20 \text{ min} \cdot \text{d}^{-1}$ 的运动量对其进行为期 3 d 的筛选,淘汰 5 只不适应游泳训练的大鼠,将剩余 50 只大鼠以数字随机分组法分为 5 组:静止组(C 组)、运动组(M 组)、运动 + 低剂量牛蒡子组(AML 组),运动 + 中剂量牛蒡子组(AMM 组),运动 + 高剂量牛蒡子组(AMM 组),每组 10 只。各组每天自由摄食饮水,采用专业灌胃器,每天 *ig* 1 次。牛蒡子组 *ig* 剂量为 $0.5, 1, 3 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$,相当于成人推荐剂量的 5, 10, 30 倍。AM 各组 *ig* 体积为 $5 \text{ mL} \cdot \text{kg}^{-1}$, C, M 2 组 *ig* 等量生理盐水。

2.2 训练及测试方案 静止组不进行任何运动。其他组进行负重游泳运动,均采用 $100 \text{ cm} \times 50 \text{ cm} \times 60 \text{ cm}$ 的玻璃泳槽作为大鼠游泳训练装置,水深 50 cm。水温 $(31 \pm 2) \text{ }^\circ\text{C}$,为防止大鼠在水面漂浮不动,特在游泳箱底部放置佳宝“AP1500”型水泵形成流动水。训练 42 d,第 1 周不负重,第 2 周负 2% 体重,第 3 周负 4% 体重,第 4 ~ 6 周负 5% 体重,

每次游泳训练至力竭。大鼠开始游泳至力竭所用时间为力竭运动能力。力竭标准以大鼠下沉后 10 s 不露出水面为度。处死前的最后 1 次为无负重力竭游泳训练,记录力竭时的游泳时间。

2.3 指标测定 各组在末次训练 24 h 后称重,乙醚适度麻醉,从颈总动脉处取 5 mL 全血,37 °C 水浴中 30 min 后,4 °C 3 000 r·min⁻¹离心 10 min,分离制备血清。测定血清睾酮,皮质醇, LH, FSH 含量。

血清睾酮,皮质醇, LH 和 FSH 采用酶联免疫吸附法测定。以上各指标的测定严格按照试剂盒说明书进行,计算公式等详见试剂盒使用说明书。

2.4 数据统计 采用 SPSS 12.0 软件对所有数据进行处理,数据以 $\bar{x} \pm s$ 表示,多组间比较采用方差分析, $P < 0.05$ 为有统计学意义。

表 1 牛蒡子对大鼠体重及运动能力的影响 ($\bar{x} \pm s, n = 10$)

Table 1 Effects of Arctii Fructus on rats' body weight and exercise capacity ($\bar{x} \pm s, n = 10$)

组别	剂量/g·kg ⁻¹	训练前体重/g	训练后体重/g	力竭游泳时间/min
静止	-	193.43 ± 13.55	423.45 ± 13.64	83.21 ± 18.41
运动	-	192.99 ± 14.16	381.35 ± 13.12 ¹⁾	75.25 ± 19.14
运动 + 牛蒡子	0.5	193.49 ± 13.09	407.31 ± 12.87 ³⁾	105.15 ± 18.52 ⁴⁾
	1.0	192.69 ± 14.03	410.23 ± 13.77 ³⁾	107.27 ± 18.86 ⁴⁾
	3.0	193.72 ± 13.28	412.58 ± 12.96 ³⁾	110.65 ± 18.37 ⁴⁾

注:与静止组比较¹⁾ $P < 0.05$,²⁾ $P < 0.01$;与运动组比较³⁾ $P < 0.05$,⁴⁾ $P < 0.01$ (表 2 同)。

表 2 运动及牛蒡子对大鼠血清睾酮、皮质醇、促黄体生成素、促卵泡刺激素水平的影响 ($\bar{x} \pm s, n = 10$)

Table 2 Effects of exercise and Arctii Fructus on rats' testosterone, corticosterone, luteinizing hormone and follicle-stimulating hormone ($\bar{x} \pm s, n = 10$)

组别	剂量 /g·kg ⁻¹	睾酮 /nmol·L ⁻¹	皮质醇 /nmol·L ⁻¹	睾酮/皮质醇 /×10 ⁻²	促黄体生成素 /U·L ⁻¹	促卵泡刺激素 /U·L ⁻¹
静止	-	5.09 ± 1.79	100.21 ± 15.09	5.47 ± 2.61	1.10 ± 0.22	7.41 ± 0.75
运动	-	3.51 ± 1.46 ²⁾	103.21 ± 14.86	3.68 ± 1.94 ²⁾	1.08 ± 0.34	6.71 ± 1.35
运动 + 牛蒡子	0.5	4.85 ± 1.54 ⁴⁾	101.37 ± 14.65	5.11 ± 2.26 ⁴⁾	1.15 ± 0.24 ³⁾	8.31 ± 1.11 ³⁾
	1.0	4.97 ± 1.47 ⁴⁾	102.51 ± 14.36	5.15 ± 2.16 ⁴⁾	1.21 ± 0.23 ³⁾	8.97 ± 1.15 ³⁾
	3.0	5.07 ± 1.56 ⁴⁾	102.36 ± 14.49	5.27 ± 2.27 ⁴⁾	1.25 ± 0.22 ³⁾	9.39 ± 1.13 ³⁾

4 讨论

4.1 运动及牛蒡子对大鼠体重及抗运动疲劳的影响 运动训练过程中,体重的变化可以反映训练对机体的影响及机体对训练的适应状况。力竭时间则是衡量机体抗运动疲劳能力的直接指标。实验结果表明在训练过程中,由于周期长、强度大、恢复时间短,导致大鼠体内能量物质消耗大幅度增加,营养供应失衡,机体代谢紊乱,久之产生过度疲劳,进而影

3 结果

3.1 牛蒡子对大鼠体重及运动能力的影响 体重方面,运动组 < 静止组 ($P < 0.05$),牛蒡子各组 > 运动组 ($P < 0.05$)。力竭游泳时间方面,运动组与静止组无明显差异。牛蒡子各组明显长于运动组 ($P < 0.01$),且呈现剂量效应。见表 1。

3.2 运动及牛蒡子对大鼠血清睾酮、皮质醇、促黄体生成素、促卵泡刺激素水平的影响 血清睾酮水平,运动组 ($P < 0.01$) 低于静止组;牛蒡子各组高于运动组 ($P < 0.01$)。血清皮质醇水平,运动组与静止组无显著性差异;牛蒡子各组与运动组间无显著性差异。各组间血清睾酮与皮质醇比值变化与睾酮变化较为一致。血清促黄体生成素、促卵泡刺激素水平,静止组与运动组无显著差异;牛蒡子各组高于运动组 ($P < 0.05$),且呈现剂量效应。见表 2。

响运动能力。通过补充牛蒡子可以在改善大鼠因高强度训练造成的生长发育缓慢的同时提高了其抗运动疲劳能力。其可能机制为:A. 牛蒡子中富含牛蒡苷,含量超过 5%^[5-7]。①牛蒡苷可以与机体剧烈运动中产生的酸性代谢产物结合,使机体内环境 pH 移向碱侧,改善酸性体质,从而增强了大鼠的运动能力^[7]。②牛蒡苷可以通过增加能量转化底物,改善线粒体功能及三羧酸循环,提高代谢酶的活性,增加能量的产生,从而增强了大鼠的运动能力^[7]。③

牛蒡苷可以促进肝糖原的合成,提高肝糖原的贮备,保证机体在长时间、大强度的运动中有更强大的能源供应与支持,进而缓解大鼠的生长发育缓慢,增强运动能力。B. 牛蒡子中含有约 26.1% 的油脂,不饱和脂肪酸占 93.67%,特别是亚油酸含量达 68.02%,亚麻酸 6.82%,可与月见草籽油、核桃油、大豆油的营养价值相媲美^[8,9]。C. 牛蒡子含有多种维生素(包括维生素 C、维生素 E),可以明显提高机体的抗疲劳的能力,促进机体的快速恢复^[10]。

中医理论将运动性疲劳视为一种劳倦、虚劳症,认为“劳则气耗”,主要病机为阳气不足,兼有阴血亏虚。大负荷的运动会引起机体的体力和脏腑功能的下降,同时伴有机体能量物质的大量消耗,与中医的“虚证”十分相似。而这种“虚”突出表现在某个脏腑上,相应脏腑就会有“虚”的表现。肾精属阴,对各脏腑起滋润作用,肾精充足,则精力充沛,四肢轻劲有力。《素问·上古天真论》曰:“肾者主水,受五脏六腑之精而藏之”。疲劳易伤肾,若肾精不足,雄性激素分泌减少,运动能力就会下降,可以补益为基本治则。本实验结果表明,牛蒡子通过发挥滋阴补肾益气之功效,减轻了长时间力竭运动对大鼠血睾酮及相关激素的影响,并维持在正常生理水平,进而提高大鼠抗疲劳能力。

4.2 运动及牛蒡子对大鼠血清睾酮,皮质酮, LH, FSH 水平的影响 睾酮作为人体内一个重要的促合成激素,可以刺激组织摄取氨基酸,促进核酸与蛋白质的合成,促进肌纤维和骨骼的生长,促进肾脏促红细胞生成素的生成,增加肌糖原储备,增强免疫功能^[11]。而皮质酮作为促分解激素,减少蛋白质合成、降低运动能力。所以通常把睾酮与皮质酮比值(T/P)作为衡量合成代谢分解、代谢平稳指标,以反映运动能力以及疲劳积累程度。实验结果表明长时间力竭运动导致大鼠血清睾酮水平显著下降,皮质酮水平上升;补充牛蒡子可以减轻长时间力竭运动对血睾酮及相关激素的影响,并维持在正常生理水平,进而提高大鼠抗疲劳能力。其机制可能为:A. 生物体的生物膜系统含有丰富的多不饱和脂肪酸,且与膜的流动性有关。在剧烈运动时,能量的大量消耗会促使自由基含量(氧自由基等)增加与酸性代谢产物(乳酸等)积累。当生物膜受到自由基攻击时,生成脂质过氧化自由基(ROO)及其加氢产物脂质氢过氧化物(ROOH)等,使膜的流动性和通透性发生障碍,进而对腺体结构产生损伤,影响睾丸正常分泌睾酮^[12]。牛蒡子中含有多种生理活性成分,

一方面可以提高抗氧化酶活性,防御自由基,另一方面与自由基结合,降低对抗氧化酶的消耗。两方面共同作用,从而有效地保护睾丸的腺体结构,正常分泌睾酮。①牛蒡苷可以与机体剧烈运动中产生的大量的自由基结合排出体外,进而阻碍自由基对细胞膜的攻击,保护膜功能的稳定性^[7]。②牛蒡子中含有丰富的胡萝卜素和 VC,这两种物质能起到自由基吸收剂的作用^[12]。③牛蒡子中含有异牛蒡酚, L-牛蒡酚和其他酸性物质,这些酸性物质极易失去 H⁺,与氧自由基生成 SOD, CAT 的稳定酚氧自由基,进而降低对总超氧化物歧化酶的消耗^[12]。④牛蒡子中含有丰富的菊糖^[3,13],牛蒡菊糖对羟自由基、DPPH 自由基、超氧阴离子自由基和烷基自由基均有较强的清除效果,与维生素 C 的抗氧化性能指标相当,具有较高的抗氧化特性^[13]。B. 牛蒡苷具有一定的雄性激素样作用,可能影响垂体-肾上腺-性腺轴功能,促进了睾酮的合成、分泌,从而促进了睾酮水平升高^[7]。C. 牛蒡子中的主要活性成分为木脂素类化合物^[14]。木脂素可以通过与下丘脑中 ER β 的结合,从而调节 LH, FSH 以及促生长激素释放激素(growth hormone releasing hormone, GHRH)的水平,作用于下丘脑-垂体-性腺轴,促进了睾酮的合成、分泌^[15]。D. 芳香化酶作为雌激素合成酶,能催化雄激素转化为雌激素,是雌激素合成过程中的限速酶,体内芳香化酶活性发生变化,能引起血清性激素水平的改变。木脂素可以通过抑制芳香化酶的活性,进而使睾酮向雌二醇转化受到抑制,从而促进了睾酮水平升高^[15]。E. 当运动强度负荷达到激活糖皮质激素的阈强度时,通过反馈作用,皮质酮大量释放,进而导致大强度运动后皮质酮水平升高。补充牛蒡子可以抑制运动导致的机体皮质酮含量增加,其机制可能是①大强度运动导致机体产生大量自由基,自由基攻击机体细胞膜,激发了机体炎症反应过程,从而促使机体皮质酮含量增加。牛蒡苷可以抑制运动引发的机体自由基含量大量增加,减弱了自由基对机体的损伤,阻止集体炎症反应的发生,从而抑制了机体皮质酮含量的增加。②运动作为一种应激源导致大鼠植物性神经活动紊乱,交感神经兴奋,迷走神经活动受到抑制,激发了下丘脑-垂体-肾上腺皮质轴的活动,促进了肾上腺皮质合成皮质酮含量增加。牛蒡苷可以调节大鼠植物性神经活动,降低交感神经的兴奋性,减弱了下丘脑-垂体-肾上腺皮质轴的活动,使机体皮质酮含量维持相对稳定。③机体在大强度运动中能量代谢增加,糖元分解和

脂肪酸动员加快,反馈性引起机体皮质酮含量增加。牛蒡苷可以通过增加机体肝糖元的储备,调节机体的能量代谢,从而抑制了机体皮质醇含量的增加。

补充牛蒡子可以减轻大鼠高强度运动量对血睾酮及相关激素分泌的影响,维持在正常生理水平;促进蛋白质合成,抑制氨基酸和蛋白质分解,提高糖原的储备,增强抗疲劳能力,具有多靶点、多途径的显著特点。

[参考文献]

[1] 王璐,赵烽,刘珂.牛蒡子苷及牛蒡子苷元的药理作用研究进展[J].中草药,2008,39(3):467-470.

[2] 崔笑梅,曹建民,周海涛.蒺藜对运动训练大鼠睾酮含量、物质代谢及抗运动疲劳能力的影响[J].中国实验方剂学杂志,2014,20(3):157-161.

[3] 赖学鸿.牛蒡子对运动大鼠糖代谢、血睾酮及运动能力的实验研究[J].重庆医科大学学报,2010,35(3):375-377.

[4] 段晓颖,张辉,张明艳.复方牛蒡子含片水提工艺优选与牛蒡子苷含量变化研究[J].中国现代应用药学,2010,27(6):499-501.

[5] 娄在祥.牛蒡功能性成分及其抗氧化、抗菌活性研究[D].无锡:江南大学,2010.

[6] 孙艳涛,史莹莹,赵月,等. HPLC 法测定牛蒡子药材中牛蒡子苷的含量[J].吉林师范大学学报:自然科学版,2011,4(4):64-66.

[7] 宋丽,胡炜.牛蒡苷对训练大鼠运动能力、睾酮和皮质醇影响的实验研究[J].吉林体育学院学报,2008,24(5):73-75.

[8] 王程田,张学杰,李法曾,等.牛蒡籽油中脂肪酸成分的气相色谱-质谱联用分析[J].植物资源与环境学报,2002,11(4):58-59.

[9] 卢淑君,杨燕云,许亮,等.气相色谱法测定牛蒡子脂肪油中3种脂肪酸含量[J].中国实验方剂学杂志,2011,17(20):56-60.

[10] 白晓旭.牛蒡子对大鼠力竭运动能力的影响[J].体育学刊,2006,13(4):53-56.

[11] 张瑞雪.柞蚕雄蚕蛾油对肾阴虚小鼠抗氧化能力的研究[D].沈阳:沈阳体育学院,2010.

[12] 黄龔.草药牛蒡子可降低机体组织MDA含量的研究[J].南京体育学院学报:自然科学版,2011,10(3):29-31.

[13] 曹泽虹,董玉玮,王卫东,等.牛蒡菊糖的提取及其抗氧化性能的研究[J].农业机械,2011(12):135-139.

[14] 王宁,林海珠,刘红,等.牛蒡子木脂素类化合物的分离与制备[J].西南师范大学学报:自然科学版,2013,38(8):104-107.

[15] 周炜.亚麻籽木脂素对动物消化代谢和生长的影响及机制探讨[D].南京:南京农业大学,2008.

[责任编辑 聂淑琴]