



表2 100m 和200m 游泳项目训练前后成绩对比情况

	对照组		低氧组	
	训练前	训练后	训练前	训练后
100m	56.92 ± 1.81	56.09 ± 1.71	55.86 ± 1.44	55.09 ± 1.71
200m	123.68 ± 2.62	121.26 ± 3.03	121.27 ± 2.27	119.27 ± 2.37

机分为两组，每组7人，一组在常压常氧环境中训练（C组），一组在低压低氧环境中训练（H组），模拟低压低氧对应的海拔高度为4000m。两组自行车测功仪急速骑行训练的计划一样：骑行强度约为平原上300%VO₂max强度，包括5s急速骑行、10s休息。一共5组，每节课2大组，每周训练4天，一共4周。

训练后，两组VO₂max没有显著提高，但MAOD和30s力竭性总功率均显著增加。这一结果提示无论是在低压低氧环境下还是在常压常氧环境下，这种急速骑行训练对于改善无氧能力和短时运动能力均有显著作用。Linossier报道类似的训

练手段能显著改善大强度下的运动能力如30s Wingate Test。而且在我们的研究中仅有H组最大输出功率有显著提高。这一新的训练方式—低压低氧下大强度急速骑行训练，也许为提高短时急速运动能力开辟了一条新的路径。

4 结论

虽然高原训练长久以来被用来提高VO₂max和耐力，但它也可以作为提高无氧代谢能力和无氧运动能力的一个新的有效手段。

去氢表雄脂酮在高原适应中的角色践的评定

郭家骅（台北市立体育学院教授）

作者简介：美国奥斯汀德州大学哲学博士，台北体育学院教授兼运动科学研究所所长。专长领域：运动对于预防II型糖尿病影响的机制研究；运动肥胖研究；运动与低糖对于糖类代谢的影响研究。

关键词：高原训练；适应；去氢表雄脂酮

Role of DHEA-S in Altitude Adaptation

KUO Chia-Hua(Taipei Physical Education College, Taipei)

1 前言

DHEA和硫酸盐衍生物DHEA-S是人类最丰富的类固醇。从Baltimore的纵向研究认为老化、死亡与低血清DHEA-S和高胰岛素水平相关(Roth et al., 2002)。尽管没有很好描绘DHEA-S的生理角色和生物活动，但是已有文献证明DHEA-S有对压力的缓冲能力(Cruess et al., 1999; Regelson et al., 1988; Grillon et al., 2005)，并且发现减小压力下的情况例如创伤和疾病(Gudemez et al., 2002; Straub et al., 2002)。此外，各种条件下外生的DHEA的支配导致的组织损伤提高了功能性恢复(Herbert et al., 1998; Malik et al., 2003)，暗示压力后组织修复的潜在活动。在这个研究中，研究了内生的DHEA-S对短期和长期高原生理运动的适应能力。确定了高、低DHEA-S组受试者的正常的登山效应，包括糖耐力的提高(Lee et al., 2003)，增加的HCT和红细胞生成(Berglund, 1992)和心肺功能的提高(Stray-Gundersen et al., 2001; Rodriguez et al., 1999)。

2 素材和方法

2.1 受试者

12名有登山经历的男性，参与了25天的登山运动，据他们在平原的血清DHEA-S水平分成较低水平（年龄：32.3 ±

2.2岁，DHEA-S: 1480 ± 248 ng/ml)和较高水平两组年龄：29.2 ± 1.9岁，DHEA-S: 3588 ± 590 ng/ml)。给受试者解释实验目的和方法，然后他们签了正式的同意意见。这个工作与Helsinki宣告的原则是一致的。台北体育学院人类学研究会(TPEC)同意了此研究的伦理道德性。

2.2 登山方案

25天的登山运动包括每天穿越台湾中央山脉(2000~3500m)的徒步旅行。最初徒步旅行的背包重量控制在0.3~0.33kg/kg体重。在白天的8h我们每5min用Polar心率表(Lake Success, NY, USA)记录徒步旅行强度。个人每天以最大心率的60%徒步将近8个小时。最大心率是在最大摄氧量测试中心率不能增加时记录的。计算团队跟随所有的受试者来确定在整个高原活动期间食物和水是充足供应的。下面提到的血测试在平原和高原的第三和第二十五天测试。最大摄氧量在平原时和高原后的第一天测试。

2.3 口服葡萄糖耐量实验(OGTT)和胰岛素浓度

测试程序是根据Lee等人描述的方法。在OGTT的那天，受试者在禁食一晚上后的早上6点告诉实验员。75g葡萄糖和500ml的纯净水一起饮用。在0、30、50和80min采集指血。用葡萄糖分析仪(Lifescan, California, USA)来分析葡萄糖浓度。采集指血200ul来做胰岛素确定。用



ELISA 分析仪 (Tecan Genios, Salzburg, Australia) 根据使用说明来分析确定胰岛素。

2.4 DHEA-S, EPO, 皮质醇, TNF-a 和 TNF-a 受体

经常在早上禁食和安静状态下采取静脉血来测试压力激素。DHEA-S, EPO, 皮质醇, TNF-a 和 TNF-a 受体 (80 kd) 也是用 ELISA 来分析的 (Diagnostic systems Laboratories, Inc. Webster, Texas, USA)。

2.5 最大摄氧量测试

在跑步机上用 MetaMax I system (Leipzig, Germany) 给所有受试者测试最大摄氧量。每 2.5 min 增加跑步机的坡度和速度直到力竭。这个方案导致摄氧量平台。当呼吸商大于 1.12 时, 在力竭时记录最大摄氧量。

2.6 血分析

在禁食的早上采集血样。在 SE-9000 血常规分析仪 (Sysmex Corporation, Kobe, Japan) 上测试红细胞、白细胞、血红蛋白、红细胞压积和平均红细胞容积 (MCV)。

2.7 数据分析

复量方差分析 (ANOVA) 用来比较在高原前后两个组所有值的平均区别。fisher's protected least significant differences test, 用来区分各组间的显著差异。用均值±标准差来描述所有值。

3 结果

25 天的登山运动使高和低 DHEA-S 组降低腰臀比 (WHR), 但是体重和 BMI 没有明显改变。登山运动提高了受试者两组的最大摄氧量并且降低了最大心率。受试者红细胞数量、血红蛋白浓度和红细胞压积显著增加, 而 WBC、MCV、MCH 和 MCHC 没有提高。

在高原的 3 天和 25 天, 登山运动没有明显改变禁食葡萄糖水平, 但是低 DHEA-S 组 30 min 葡萄糖水平在高原的第 3 天和第 25 天提高。在禁食和葡萄糖挑战的条件下, 登山活动没有显著影响低 DHEA-S 组的胰岛素含量。但是, 在高 DHEA-S 组, 登山运动降低了葡萄糖挑战条件下葡萄糖和胰岛素水平, 而禁食葡萄糖和胰岛素水平没有改变。

在 25 天的高原活动中, 高 DHEA-S 组显示了在高原的第三天血清 DHEA-S 水平显著下降。在低 DHEA-S 组中, DHEA-S 水平保持不变。两组的 EPO 水平有显著的提高。高 DHEA-S 组在平原、第 3 天和第 5 天时与低 DHEA-S 组相比 EPO 较低。血清皮质醇水平在 25 天的登山运动中显著提高。没有在低和高 DHEA-S 组之间发现差异。

在 25 天的高原运动期间血清 TNF-a 水平没有变化。在平原时、3 天和 25 天, 高 DHEA-S 和低 DHEA-S 组之间没有显著性差异。但是在平原时高 DHEA-S 组的 TNF-a 受体水平比低 DHEA-S 的要高。在高原运动的 3 天和 25 天没有显著性差异。

4 讨论

1.4 高原运动最初仅仅消耗高 DHEA-S 组的血清 DHEA-S

发现血清 DHEA-S 水平在较大压力下降低 (Gudemez et al., 2002; Straub et al., 2002), 在恢复期也降低 (Opstad et al.,

1994) 这暗示抗压力的功能角色。在此研究中, 我们证明仅仅高 DHEA-S 组在高原运动的第 3 天 DHEA-S 水平显著下降。这个下降可能是由于应激下降的肾上腺功能。但是, 我们的数据没有给此可能性提供强有力的支持, 因为其他肾上腺激素例如皮质醇和 EPO 没有显示同样的下降。所以, DHEA-S 的消耗似乎是由于高原适应需求的增加。只有高 DHEA-S 组增加葡萄糖耐力和红细胞生成显示适应反应, 这样的事实巩固了此假说。

4.2 只有高 DHEA-S 组增加了红细胞生成

此研究的一个重要发现是通常认为由于高原导致的增加的红细胞生成仅仅在高 DHEA-S 组受试者中提高。令我们好奇的是, 在平原和高原时, 低 DHEA-S 组显示两倍的血清 EPO 浓度。这个结果暗示低 DHEA-S 组的 EPO 导致红细胞生成的敏感性较低。

高原应答造成的血浆量下降不大可能解释高 DHEA-S 组红细胞的增加。曾经怀疑高原应答的红细胞增高跟脱水部分有关 (Greenleaf et al., 1979), 但是目前认为在高原减小的血浆量通常在高原暴露后的约一周恢复 (Sawka et al., 2000)。此外, 我们的数据没有给血液浓缩提供强有力的证据, 是有几个原因: 1) 低 DHEA-S 组在 25 天的高原运动中红细胞浓度没有显著提高; 2) 25 天的高原运动没有显著提高低和高 DHEA-S 组的白细胞; 3) 高 DHEA-S 组的体重没有下降。

4.3 仅仅高 DHEA-S 组显示了 25 天高原运动提高葡萄糖耐量和胰岛素敏感性

此研究的另外一个独特发现是低 DHEA-S 组的受试者没有像高 DHEA-S 组那样显示葡萄糖耐力和胰岛素敏感性的提高。在人体内葡萄糖是大部分组织无氧代谢的主要原料。在通常情况下, ATP 的生成主要依靠脂肪的氧化 (Lopaschuk et al., 1994), 但是在体力运动增加或者低氧期间, 因为脂肪代谢越来越受氧气限制而基础无氧代谢变得重要。我们以前已经报道短期的高原暴露显著提高了整个机体的葡萄糖利用率 (Lee et al., 2003)。作为对更大体能需求和低氧的应答, 能量对糖依赖的增加和氧携带能力的增加大概能保证为了在高原上更好生存而需要的正常 ATP 合成。

尽管目前的研究证明腰臀比在 25 天的高原运动后显著下降, 但是葡萄糖耐量的提高不大可能是由于减小的腹部脂肪含量。在高原的第三天, 如此短的时间内体脂肪不能显著减小, 但是糖耐量显著提高。

以前的研究证明低氧和肌肉收缩能提高肌肉中葡萄糖的运输 (Wright et al., 2005), 并且已经报道长期的低氧 (Xia et al., 1997; and Dill et al., 2001) 和运动训练 (Cox et al., 1999) 在短期里提高肌肉 GLUT4 蛋白的表达。伴随胰岛素刺激, 葡萄糖转移因子 4 (GLUT4) 到表面膜的转移对于葡萄糖进入细胞是必须的 (Ivy et al., 1997)。所以, 25 天高原运动中早期胰岛素敏感性的提高可能是由于 GLUT4 蛋白水平的提高。另外, 已经报道由于高原运动而增加肌肉毛细血管密度 (Sillau et al., 1997), 并且这可能是解释葡萄糖耐量的提高的另外一个原因。毛细血管募集中的 insulin-mediated 能缓和 insulin-mediated 葡萄糖摄入 (Coggin et al., 2001)。增加的血管再生能部分有助于葡萄糖耐量的提高。



4.4 TNF- α 在 DHEA-S 和胰岛素敏感性之间没有扮演角色

发现伴随年龄的较低 DHEA-S 与胰岛素抵抗的发展有关 (Straub et al., 2005)。但是, 血清 DHEA-S 和胰岛素之间的联系机制还不是很清楚。最近的研究已经表明血清 TNF- α 水平在低 DHEA-S 患者中相当高 (Straub et al., 2005)。上面的证据暗示 TNF- α 可能是血清 DHEA-S 和胰岛素敏感性链接的调节因子。作为各种组织隐藏的细胞因子, 已经发现 TNF- α 对胰岛素敏感性施加了直接的抑制作用 (Borst et al., 2004)。但是, 在目前的研究中, DHEA-S 的改变没有影响在高原的 TNF- α 。此外, 在高原运动期间高 DHEA-S 组葡萄糖耐量的提高与 TNF- α 水平没有关系。所以, 在高原运动期间 TNF- α 与血清 DHEA-S 和胰岛素敏感性之间的可能联系是非常小的。

4.5 高、低 DHEA-S 组心肺功能的提高是相似的

已经经常引用高原训练提高最大氧气消耗量 (Stray-Gundersen et al., 2001), 并且已经认为这种适应与 EPO 导致的红细胞生成有关 (Rodriguez et al., 1999)。这种适应似乎在高原运动期间氧利用率低于氧供应率时预防能量赤字方面有重要功能。此研究中, 我们进一步发现登山运动导致 HGB、HCT 和 RBC 的增加是与他们的基础 DHEA-S 水平相

关的。在平原上, HGB、HCT 和 RBC 反映最大氧气消耗量。但是奇怪的是, 在 25 天的高原活动中, 低 DHEA-S 组在最大耗氧量方面显示了相当大的提高, 而 HGB、HCT 和 RBC 没有提高。我们必须注意在平原上低 DHEA-S 组的最大耗氧量比高 DHEA-S 组的低。显然的, 因为两组都是以相同的步伐徒步走, 所以低 DHEA-S 组受试者的相对强度比高 DHEA-S 组的要高。更大的强度可能导致在动静脉的更大适应, 但对于毛细血管密度的增加还是次要的 (Sillau et al., 1977; Vetterlein., 1980)。

5 结论

在长期的登山运动期间, 增加的无氧利用率和载氧能力是生存的两个基本策略, 因为氧亏是由增加的氧需和减少的氧运输造成。此研究中, 我们证明 25 天的登山运动引起显著的代谢适应, 包括葡萄糖耐量和胰岛素敏感度的提高以及 RBC 数目的提高, 但是, 这些仅仅是在高 DHEA-S 组的受试者中显现的。尽管登山运动在预防胰岛素抵抗方面似乎是一个有用的方法, 但是它的效应与基础 DHEA-S 水平一起具有个体差异性。这个新发现是重要的, 因为血清 DHEA-S 水平的降低和 II 型糖尿病发生率的增加都和年龄是平行的。

生活在特高海拔的藏族

吴天一 (青海高原医学研究所院士)

作者简介: 1958 年毕业于中国医科大学。现任青海高原医学研究所教授, 研究员, 博士生导师, 卫生部高原病研究重点实验室主任。2001 年当选为中国工程院院士。长期从事低氧生理及高原医学研究。

关键词: 特高海拔; 藏族; 生理特征

Tibets at Extreme Altitude

WU Tian-yi (Qinghai Plateau Institute of Medical Research, China)

中国是一个多山的国家: 四大高原: 青藏高原、内蒙古高原、云贵高原和黄土高原。四大高原占据了版图的一半。有超过 80 000 000 的人们生活在海拔 1 500 m 以上的高原上。青藏高原被誉为“世界屋脊”, 是世界上最高和最大的高原。大约 12 000 000 的人们生活在 2 200~5 200 m 的海拔高度上, 生活在这里的藏族和汉族是各半的 (Wu TY. High Alt. Med. Biol. 2: 289-299, 2001)。

珠穆朗玛峰。在中国珠穆朗玛峰叫做“Qomolangma”, 这起源于藏语。在佛经的记录中, “Qomo”是神, 他的名字是 Lang-Sangma, 所以简单的就叫 Qomolangma。尼泊尔人叫这座山“Sagarmatha”, 意思是受人尊敬的山。在 1708-1706 年间, 在绘制中国地图的过程中, 中国的勘察者和僧侣一起对珠穆朗玛峰进行了第一次勘察。从这次的勘察结果, 在北京的耶稣教徒绘制了一幅地图, 这幅地图以铜版画的形式在 1917 年出版。在这幅地图中, 在珠穆朗玛峰的位置可以找到一个叫 Jumu Langma Alin 的山。

在 1953 年 Edmund P. Hillary 和 Tenzing 用补充的氧气第一次成功登上了珠穆朗玛峰。这在高原医学领域是一个里程碑。在珠穆朗玛峰的人所处的环境: 高度: 8844.48 (8848.13) m; 温度: 平均 -19°C (五月); PB: 253 mmHg; PO_2 : 53 mmHg; PACO_2 : 8 mmHg; PaO_2 : 31~32 mmHg。这是在一种生理边缘和令人惊奇的低氧忍耐。在 1960-2008 年间, 超过 18 名的探险者成功登上珠穆朗玛顶峰。122 个参与者中的 93 人是青藏本地人。在这些或者其他的青藏高原探险活动中, 对藏族登山者开展了一系列的医学和生理学研究。在中国第一次成功登顶是在 1960 年, 大本营设置在珠穆朗玛山脚的 Rongbu 庙, 此庙在 5 154 m 的高度, 是最高的喇嘛庙。中国的第一次登顶是通过北山坡, 然后到达东北脊, 到达顶峰。1960 年 5 月 25 日, 上午 4: 20, 3 名登山者登上了珠穆朗玛峰。他们是 Wang Fuzhou (汉族, 年龄: 25); Gong-bu (藏族, 年龄: 27); Qu Yinhua (汉族, 年龄: 25)。他们返回时作为祖国的英雄受到欢迎。1975 年 5 月 27 日下午 2: 30, 9 名登山者登顶成功, 这次非常成功。9 名登山者是: Pan-Dou,