

体操运动员应激反应特点的研究

汤慈美 张 侃 幸代高 林文娟 孙丽华 赵惠玲

中国科学院心理研究所

George Singer, Waldemar Fibiger

澳大利亚, 拉屈别大学心理系

丁 雪 琴

中国国家体委训练局

摘 要

情绪紧张或应激状态可引起一系列生理生化反应。但是后天的训练和应激经验能否影响这些反应尚所知不多。本实验比较了运动员与非运动员在实验室内完成一复杂辨别反应时,即在与运动无关的应激状态下尿内儿茶酚胺的分泌量、心率、心律、呼吸率和呼吸积分等变化的异同。发现在紧张性作业时运动员尿内儿茶酚胺的分泌仅有小量的不显著的增加,而非运动员则有显著增加。运动员和非运动员尿内儿茶酚胺分泌量差别显著。在紧张性作业时运动员和非运动员的心率均有显著增加,R-R间期标准差则均变小。运动员的心率在休息或作业时均比非运动员慢,R-R间期标准差则均大于相应条件下非运动员的。紧张性作业时运动员和非运动员呼吸率均明显增加,作为相对呼吸流量的呼吸积分值均显著下降。运动员的呼吸积分值均低于相应条件下非运动员的,但两组间差异未达显著水平。结果表明后天的训练和应激经验对机体在应激状态下尿内儿茶酚胺分泌量、心率、心律、相对呼吸流量等生理反应有不同程度的影响。

不少研究表明,应激是否引起心身疾病的关键是机体对紧张性刺激物的应付能力,而不是紧张性刺激物本身。那些因素影响机体的应付能力呢?我们过去的研究表明,早期环境对机体应付紧张性刺激物的能力是有明显影响的。在单调,与同伴无直接交往的环境中成长的大白鼠的应付能力较弱,适应过程较慢,在应激过程中脑内儿茶酚胺尤其是去甲肾上腺素含量的降低,比在正常群居条件下成长的动物更明显^(1,2)。Levine也曾报告⁽³⁾,在早期生活中接受过刺激的动物,垂体-肾上腺皮质系统的激素反应表现迅速而有效。那些早期未受过刺激的动物,则反应迟钝而且无效。但这些多数是在动物身上进行的实验。那末,人类后天的环境,后天的训练是否能改变机体的应激反应特点,改变应付紧张性刺激的能力呢?这是本研究企图探讨的问题。

实 验 方 法

被试: 实验组为专业体操运动员12人,男性,年龄18—25岁,平均21岁。接受专业训

练平均10年以上,参加过市级以上比赛平均15次,对照组为非运动员12人,男性,年龄17—24岁,平均19岁。其中有的人有时参加体育活动或参加过非正式比赛,有的人很少或不参加任何体育活动。

仪器: 自制辨别反应仪,能自动随机呈现红、绿、蓝、白四种灯光。呈现速度为每秒1次或每秒2次的两种,可随意调节。仪器记录部分,可分别自动记录四种颜色灯光的呈现次数以及正确反应数。反应板上有4个反应键,各以红、绿、蓝、白四种颜色标记之。灯光通过一直径为8厘米的圆形窗孔呈现。

步骤: 被试进实验室先休息10分钟。接着开始操作I的实验,即以每秒1次的频率随机呈现四种颜色灯光,要求被试对其中的两种颜色,在相应的反应键上作按压反应。操作10分钟后休息5分钟,再进行操作II的实验,即以每秒2次的频率随机呈现四种颜色灯光,仍要求被试对其中的两种颜色在相应的反应键上作按压反应。也操作10分钟后休息5分钟,再进行操作III的实验,仍以每秒2次的频率随机呈现四种颜色灯光,但要求被试对其中的三种颜色的灯光在相应按键上做按压反应。也操作10分钟,最后休息10分钟结束实验。每次操作后的正确反应数均有自动记录。同时也要求被试在实验后对操作的难易程度作出主观评价。评价分非常容易、很容易、容易、一般、难、很难、非常难七等。

在实验前的指导语中,强调要求被试又快又正确地进行反应。在中间休息时则对被试说操作得不够理想,要求他做得更好些,以增加其在实验过程中的紧张程度。

尿标本的收集和测定: 在实验开始前收集尿标本一次,实验结束后再收集尿标本一次。尿内儿茶酚胺测定采用 Von Euler的方法⁽⁴⁾,我们稍作改进。儿茶酚胺的回收率为70%。

生理指标的测量方法: 用 RM-6000型多导生理记录仪测量及记录被试的生理反应。本研究中所测量的生理指标为:第III导程心电图、耳垂脉搏波和鼻孔呼吸波。心电信号经青云—DL型磁带录音机滤去难于完全避免的基线波动后,输入 ATAC-350医用数据处理机进行解析,显示出R—R间期非序列直方图,再用X—Y记录仪描记直方图的模拟输出,据此计算R—R间期分布的平均值和标准差。其余信号以墨水记录器描记后计数。

生理信号的记录时间分为7段: 1. 被试进入实验位置并戴好各传感器后安静休息10分钟,同时记录上述各项生理指标。 2. 在三种操作条件下均连续记录上述各项指标,计三段。 3. 两次操作间被试安静休息5分钟,同时记录上述各项指标,计二段。 4. 全部操作结束后,被试安静休息10分钟,连续记录后5分钟内的生理指标。

实 验 结 果

1. 操作成绩: 运动员组和非运动员组的操作成绩都随操作难度的增加而直线下降。不同难度的操作成绩以正确反应的百分率表示,结果见图1。其数据经统计学处理, $F(2,66)=113.166, P<0.01$,可见不同难度操作之间的差异极其显著。运动员组的成绩,在三种操作时均稍优于非运动员组,但两者之间的差异未达显著性水平($F(1,66)=3.872, P>0.05$)。

操作成绩随操作难度的增加而下降,与被试对操作难易程度的主观评价相一致。见图 2。如果以 1—7 分依次代表非常轻松、很轻松、轻松、一般、紧张、很紧张,非常紧张等 7 种主观评价,则运动员组和非运动员组的主观评价在统计上并无明显差异($F(1,66)=0.538, P>0.05$),但在三种操作间则有显著差异($F(2,66)=9.160, P<0.01$)。

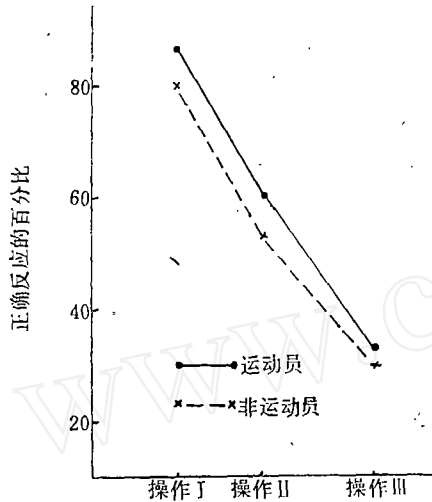


图 1 操作成绩的变化

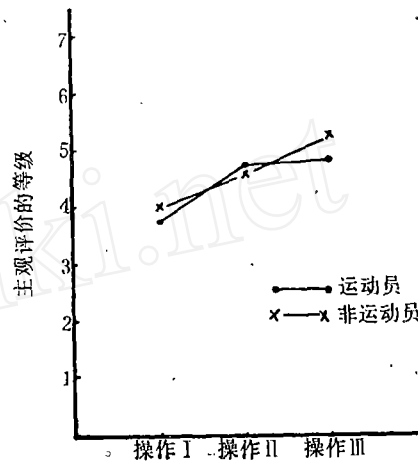


图 2 主观评价的变化

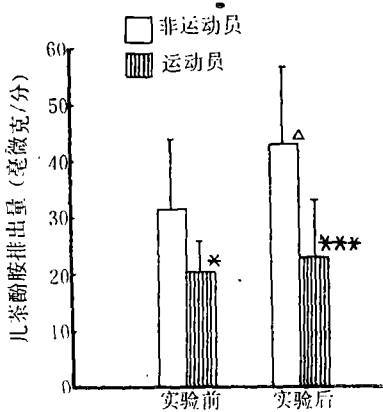


图 3 尿内儿茶酚胺排出量的变化*与非运动员比 $P<0.05$,*** $P<0.001$
 Δ 与实验前比 $P<0.05$

2. 尿内儿茶酚胺的排出量: 实验开始前尿内儿茶酚胺的排出量,运动员和非运动员分别为 20.4 ± 7.3 毫微克/分,和 32.0 ± 12.7 毫微克/分,运动员低于非运动员,两者之间差异显著($t=2.745, P<0.05$)。实验后,非运动员儿茶酚胺排出量为 42.8 ± 13.5 毫微克/分,比实验前有显著增加($t=2.391, P<0.05$)。运动员为 23.1 ± 9.9 毫微克/分,仅略有增加,无统计学意义。运动员与非运动员在实验后儿茶酚胺的排出量两者之间有非常显著的差异($t=3.895, P<0.001$)。见图 3。

3. 心电图R—R间期平均值的变化:

R—R间期平均值是心率的倒数。结果见图 4 和表 1。从图 4 可以见到,无论是运动员还是

非运动员,操作时的R—R间期平均值(毫秒)均小于各段休息时。经 t 检验,各操作条件与各休息条件间的差异非常显著(P值分别小于0.01和0.001)。在七种情况下,运动员R—R间期的平均值都大于相应条件下非运动员的平均值。经 t 检验,均有显著差异($P<0.01$)。

表 1 心电图R-R间期平均值的变化

(毫秒)

组 别	前 休 息	操 作 一	休 息	操 作 二	休 息	操 作 三	后 休 息
运 动 员	939±122	825±124	950±122	859±100	965±129	869±107	944±118
非 运 动 员	794±107	686±110	789±130	719±111	782±119	705±109	781±115

注: 表内值为平均值±标准差。

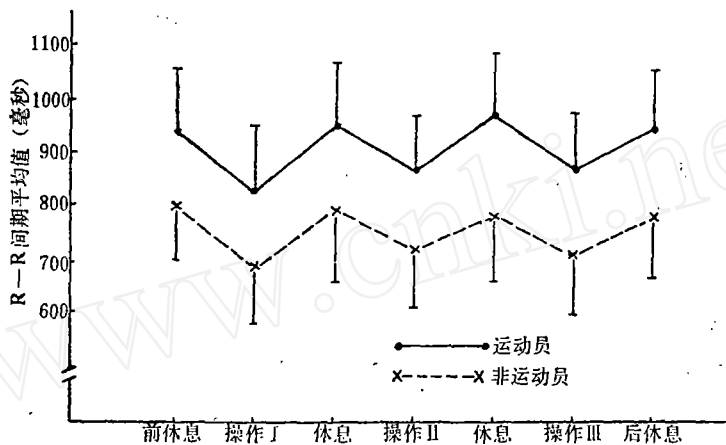


图 4 R-R 间期平均值的变化

4. 窦性心律不齐 (简称心律) 的变化: 以 R-R 间期分布的标准差(毫秒)作为窦性心律不齐的指标。结果见图 5 及表 2。从图 5 可见到被试在操作时 R-R 间期的标准差变小, 即心律趋向于更加整齐。运动员在三种操作条件下的 R-R 间期的标准差都小于其前面休息时的。操作 II 及操作 III 时分别达到显著和 ($P < 0.05$) 非常显著 ($P < 0.001$) 水平。随着操作难度从操作 I 增加到操作 III, R-R 间期的标准差变小, 操作 II, III 之间的差异达到显著水平 ($P < 0.05$)。非运动员 R-R 间期标准差的变化趋势与运动员类似, 但不同操作间的差异未达到显著水平。

表 2 R-R 间期的标准差的变化

(毫秒)

组 别	前 休 息	操 作 一	休 息	操 作 二	休 息	操 作 三	后 休 息
运 动 员	60.0±16.1	49.6±12.4	63.8±18.8	50.2±14.5	64.4±16.3	43.0±12.7	57.6±19.9
非 运 动 员	42.1±17.5	41.6±12.2	49.4±16.8	41.2±12.7	55.2±21.7	37.4±12.1	50.3±15.4

注: 表内值为平均值±标准差。

运动员在各种条件下 R-R 间期的标准差都大于相应条件下非运动员的标准差。但两者间的差异均未达显著水平, 仅在前休息和操作 I 后的休息时接近显著性水平 ($t = 2.028, t = 1.973$)。

5. 耳垂脉搏波脉率的变化: 正常人由耳垂脉搏波测得的脉率与心率是一致的。以

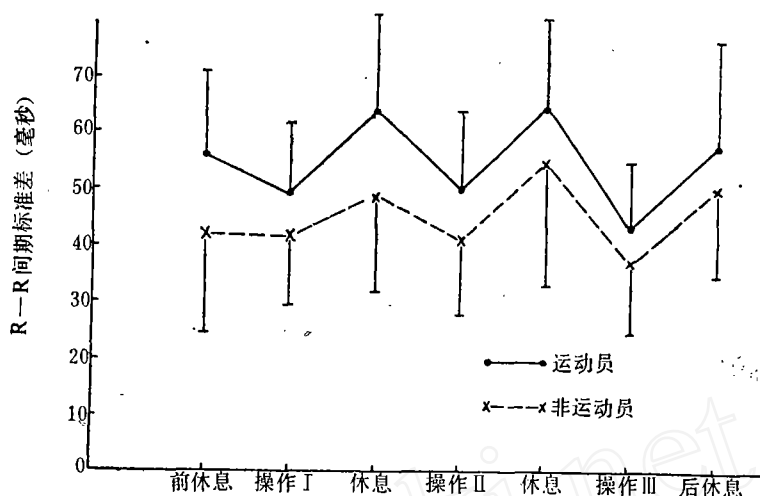


图 5 R-R 间期标准差的变化

耳垂脉搏波测得的脉率见图 6, 表 3。其变化趋势与 R-R 间期平均值的变化一致。即无论运动员还是非运动员, 在各操作条件下的脉率都高于实验前和实验后休息时的脉率。经 t 检验, 差异非常显著 ($P < 0.01 - P < 0.001$)。由于仪器的限制, 未能记录两次操作间休息时的脉搏波。各条件下非运动员的脉率均高于相应条件下运动员的脉率, 差异非常显著 ($P < 0.01$)。

表 3 心率的变化

组 别	前 休 息	操 作 一	操 作 二	操 作 三	后 休 息
运 动 员	64±9	71±10 ^{△△}	70±9 ^{△△△}	70±10 ^{△△}	64±10
非 运 动 员	76±10 ^{**}	88±16 ^{**△}	85±15 ^{**△}	87±13 ^{**△}	77±12 ^{**}

注: 表内值为均数±标准差, △与前休息比 $P < 0.05$, **与运动员比 $P < 0.01$, △△ $P < 0.01$ 。

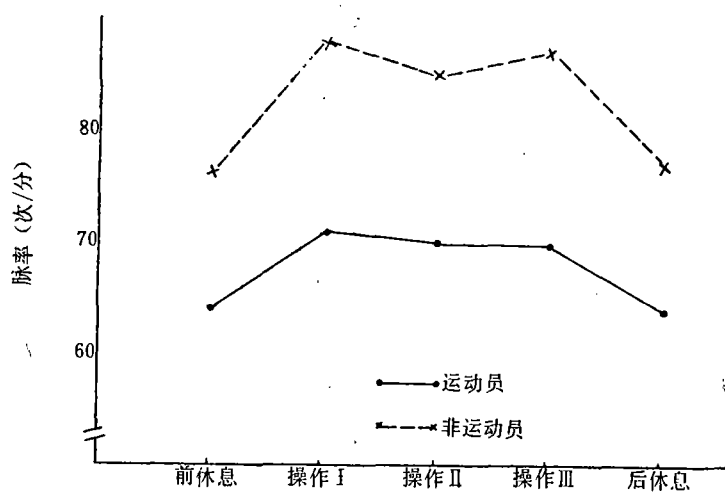


图 6 脉率的变化

6. 呼吸率的变化: 呼吸率变化的结果见图 7, 表 4, 其变化趋势与脉率变化趋势一致。无论运动员或非运动员各操作条件下的呼吸率明显高于各休息条件下的呼吸率。经 t 检验, 差异均非常显著 ($P < 0.01$ 或 $P < 0.001$)。运动员的呼吸率稍高于非运动员的呼吸率, 但两者间未见显著差异。

表 4 呼吸率的变化 (次/分)

组 别	前 休 息	操 作 一	休 息	操 作 二	休 息	操 作 三	后 休 息
运 动 员	16.6±4.2	23.3±3.6	16.9±4.5	23.0±4.0	16.3±3.0	23.7±3.7	16.3±3.2
非 运 动 员	16.5±3.0	21.9±4.7	16.3±3.3	22.0±5.0	15.0±2.4	23.7±6.1	15.5±3.1

注: 表内值为平均值±标准差。

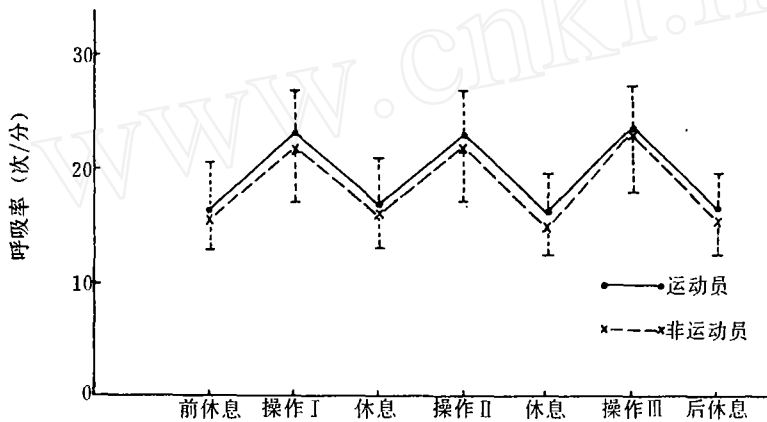


图 7 呼吸率的变化

7. 呼吸积分的变化: 鼻孔呼吸波经积分器积分处理后所获得的各种条件下的积分值(波幅×时间, 单位为伏秒), 相对地反映呼吸流量的大小。结果见图 8, 表 5。操作条件下的呼吸积分值低于休息条件时的积分值。各操作条件下与前休息时相比, 无论运动员还是非运动员组, 其差异都达显著水平 (t 检验, $P < 0.05$ — $P < 0.001$)。操作 II、III 时的积分值各自与其前面休息时相比, 无论运动员组或非运动员组, 其差异也都显著或接近显著。并且随着操作难度的增加, 呼吸积分值则有所下降。运动员组在操作 II 和操作 III 之间有显著差异。非运动员组在操作 I、II 之间和操作 I、III 之间都有显著差异。

表 5 呼吸积分的变化 (毫伏秒)

组 别	前 休 息	操 作 一	休 息	操 作 二	休 息	操 作 三	后 休 息
运 动 员	211±138	140±61	150±64	139±59	160±101	120±55	151±74
非 运 动 员	242±81	197±93	230±95	167±89	218±90	168±75	213±112

注: 表内值为平均值±标准差。

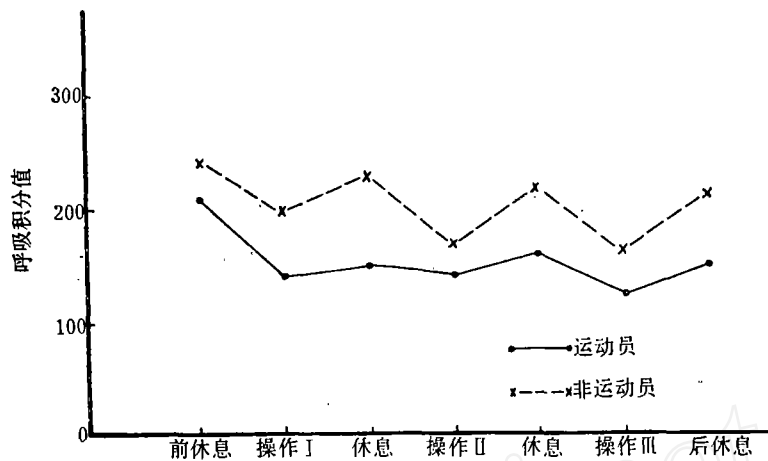


图 8 呼吸积分值的变化

与呼吸率不同的是,运动员在各种条件下的呼吸积分值都低于非运动员在相应条件下的积分值,但两者之间未见明显差异。

讨 论

实验组的被试均是专业体操运动员,他们平均从10岁起开始接受专业训练,到做本实验时已参加过市级以上比赛平均达15次之多。运动员在平常训练时,尤其在练习各种高难动作时,情绪也是比较紧张的,也可以说在一定程度上处于应激状态。当他们参加比赛时,更是处于一种高度应激状态。因此,虽然他们的年龄不大,但已有了较丰富的应激经验。本实验所设计的应激情境与他们在训练或比赛时的应激情境毫无共同之处,因而可以认为在这种情境下得到的结果反映了他们应激反应的特点。

实验结果表明,本实验中要求被试完成任务的难度,对运动员和非运动员来说是类似的。在三种操作条件下,运动员和非运动员的正确反应率均相当接近,未见显著差异;被试对操作难易程度的主观评价两组间也无明显差异。因此可以认为,在完成这个复杂辨别反应时的紧张程度,对两组被试来说是类似的。

在应激状态下,机体可以发生一系列生理、生化反应的事实早已被人们重视。已经有过许多研究试图探讨应激水平和生理、生化反应间的关系。即通过测量机体在应激状态下各种生理、生化指标的变化,以研究这些指标与应激水平、不同个体的应激反应特点以及与操作成绩间关系。本实验观察了有较丰富应激经验的体操运动员在与体操无关的应激状态下,儿茶酚胺排出量以及心率、心律,呼吸等生理生化反应的特点。实验结果表明,实验后非运动员儿茶酚胺排出量比实验前有显著增加,而运动员虽略有增高,但无统计学意义,这说明在同等应激状态下运动员儿茶酚胺反应较低。运动员在实验前,实验后儿茶酚胺的排出量都低于非运动员,其中实验前的达显著水平,实验后的达非常显著水平。这说明,运动员在一般活动情况下,以及在应激情况下,其付出的生理代价均比非运动员为低。

Matlina 发现⁶⁵, 训练有素的运动员在训练和比赛时儿茶酚胺排出量增加, 而儿茶酚胺的代谢产物如间甲肾上腺素(MN)、间甲去甲肾上腺素(NMN)和香草基扁桃酸(VMA)的排出量都是降低的。但训练较少的运动员则儿茶酚胺代谢产物的排出量也增加。训练有素运动员儿茶酚胺代谢产物排出量的降低, 可能是由于破坏儿茶酚胺的酶的活性降低所致。这种低代谢的适应性改变, 使机体只需合成较少量的儿茶酚胺就能达到提高儿茶酚胺含量的效应。在本实验中, 运动员在操作时尿内儿茶酚胺的排出量虽略有增高, 但却非常显著地低于非运动员, 这是否与此机制有关, 尚须进一步验证。

在利用生理指标以测量应激反应水平的研究中, 心率的变化应用较多^{66, 67}, 也被认为是比较敏感而可靠。本实验中, 无论是运动员还是非运动员, 在应激条件下心率都显著高于休息时, 也说明了心率是一种较敏感的指标。同时还可以看到, 无论是休息时还是应激状态下, 运动员的心率都显著低于非运动员。上述结果表明, 在反应模式上运动员和非运动员是一致的, 但两者是在不同的基础水平上发生的, 这可能涉及到运动员通过长期的运动训练, 心血容量增加^{68, 69}, 因此比一般人较少的心搏, 就能满足在不同状态下的血液供应。

窦性心律不齐的测量, 也已广泛地应用于与应激状态有关的研究中, 但是不同研究者所获得的结果不尽一致¹⁰⁰, 本实验中, 两组被试在应激条件下的R—R间期的标准差, 均小于休息条件下的标准差, 并有显著差异。这个结果支持窦性心律不齐可以作为应激反应的指标。本实验也发现, 运动员R—R间期的标准差均大于非运动员, 这可能与运动员心率慢于非运动员有关。因为有研究表明, 窦性心律不齐除与呼吸有关外, 也与心率有关, 当心率增加时, 心律不齐减小¹⁰⁰。因此, 与心率的变化一样, 在应激状态下R—R间期标准差的变化模式运动员与非运动员是类似的, 但两者是在不同基础水平上发生的。

作为相对呼吸流量参数的呼吸积分值, 在操作条件下大都显著低于休息时, 这可能与本实验条件下操作时并不需要肌肉大量做功, 因此并不需要增加摄氧量有关。然而, 在操作条件下运动员和非运动员组的呼吸率都显著高于休息时, 我们认为这主要由心理应激引起。

综上所述, 应激时的生理反应运动员与非运动员间有明显的不同, 主要表现为运动员的心率显著慢于非运动员; 窦性心律不齐(R—R间期标准差)比非运动员明显; 相对的呼吸流量(呼吸积分值)小于非运动员等。运动员与非运动员在应激状态下生理反应不同的原因至少有二, 一是长期体育训练的影响, 一是有较多应激经验的影响。长期体育训练使心血容量增加, 每搏输出量增加, 心率徐缓。体育训练也可提高呼吸效率; 因此一般说来, 运动员在安静时每分钟换气量比较小^{68, 69}。这些在本实验中均有所反映, 即在休息时运动员的心率慢于非运动员, 呼吸积分值小于非运动员等。而在应激状态下, 两组间的差异可能受两种影响, 而且这两种影响恐怕也难于区分。

总之, 在与运动无关的应激状态下, 尿内儿茶酚胺排出量的变化, 以及上述生理指标的变化, 运动员与非运动员均有所不同。这些结果似都支持后天的训练和经验是能改变机体应激反应的。在完成同样难度的作业时, 运动员付出的生理代价似低于非运动员, 上述结果也提示, 在应激状态下, 上述生理、生化指标的改变程度, 似可作为衡量运动员应付紧张性刺激的能力的参考指标。

本工作得到曹传谕, 李世铭、石复兴、田维顺、袁庆楫和毕茂林等同志的大力支持和帮助, 特此致谢。

参 考 文 献

- (1) 汤慈美, 林文娟, 心理学报, 13卷 4 期, 446—453页, 1981年。
- (2) 林文娟, 汤慈美, 心理学报, 13卷 3 期, 346—351页, 1981年。
- (3) 莱文 S., 生理心理学, 科学出版社, 125页, 1981年。
- (4) Von Euler U. S., Acta Physiol. Scand. 45:122, 1959
- (5) Matlina E., Catecholamines and Stress: Recent Advances, Elsevier North Holland Inc. P501—506, 1980
- (6) Brady J. V., in "Emotions: Their parameters and measurement" Ed. L. Levi, Raven Press New York, P. 17—45, 1975.
- (7) Grings W. W. and Dawson M. E., Emotions and Bodily Responses, P. 1—26 Academic Press, New York, 1978.
- (8) 运动生理学编写组, 运动生理学, 人民体育出版社, 北京, 1978。
- (9) 猪饲道夫, 广田公一(齐沛林译), 运动生理, 维新书局, 1968。
- (10) Rolfe J. M. et al: Ergonomics 16(1)1—85, 1973.

CHARACTERISTICS OF STRESS RESPONSE IN GYMNASTS

Tang Cimei, Zhang Kan, Xing Daigao, Lin Wenjuan,

Sun Lihua, Zhao Huiling

(Institute of Psychology, Academia Sinica)

George Singer, Waldemar Fibiger

(Department of Psychology, La Trobe University, Australia)

Ding Xueqin

(Training Bureau, National Sports Committee of China)

Abstract

Physical and mental effort results in changes in urine catecholamine secretions, heart rate, cardiac rhythm, respiration rate and level of respiratory integration, however little is known about individual differences in these parameters resulting from subject's history. In the present experiment 12 gymnasts and 12 age-matched non-gymnasts were compared on a task involving complicated discrimination reactions. The gymnasts showed a small non-significant increase in urine CA concentrations whereas the increase for the non-gymnasts was larger and significant. The differences in catecholamine concentrations for gymnasts and non-gymnasts were significant. Data showed significant heart rate increase, decreases in standard deviation of R—R interval in both groups. Heart rate of gymnasts was lower during rest and performance than in

non-gymnasts, and standard deviation of R-R interval was higher in gymnasts which suggests that sinus arrhythmia in gymnasts was more pronounced than in non-gymnasts. Respiration rate increased significantly in both groups during performance. The value of respiratory integration, as a parameter of relative ventilating flow, decreased significantly both in gymnasts and non-gymnasts during performance. All of the values of respiratory integration in gymnasts were lower than that in non-gymnasts during corresponding condition, but the difference between two groups was not significant. These results suggest that some stress-induced physiological responses, such as urine CA secretion, heart rate, cardiac rhythm, relative respiratory ventilating flow etc. could be influenced by longterm training and experience of stress.

www.cnki.net