

· 临床研究 ·

等张运动和抗阻运动对肾脏相关激素的影响

江钟立 励建安 周士枋

【摘要】目的 探讨等张运动和抗阻运动对肾脏相关激素的影响,为肾脏疾病的临床康复治疗提供参考依据。**方法** 8 例健康男性以相同的靶心率(40% HR_{max})和运动时间(20 min)交替进行等张运动和抗阻运动,观察运动前、后血浆肾素活性(PRA)、醛固酮(ALDO)和抗利尿激素(ADH)的应激变化。**结果** 血浆 PRA、ADH 和 ALDO 在等张运动和抗阻运动后均显著增高,抗阻运动后血浆 ADH 和 PRA 水平与等张运动后比较,有增高趋势。**结论** 运动引起血浆 PRA、ADH 和 ALDO 增加是机体在应激状态下维持水、电解质平衡的一种适应性反应;抗阻运动后血浆 ADH 和 PRA 呈现增高的趋势提示影响肾脏相关激素变化的因素与运动的强度有关。

【关键词】 等张运动; 抗阻运动; 血浆肾素活性; 醛固酮; 抗利尿激素

Effects of isotonic and resistance exercises on renal hormones in plasma JIANG Zhong-li, LI Jian-an, ZHOU Shi-fang. Department of Rehabilitation Medicine, the 1st Affiliated Hospital of Nanjing Medical University, Nanjing 210029, China

【Abstract】 Objective To study the effects of isotonic and resistance exercises on renal hormones in plasma. **Methods** Eight healthy men were instructed to performed isotonic and resistance exercises, respectively, with the same target heart rate and the same exercise duration, in which both exercises-induced changes of plasma renin activity (PRA), aldosterone (ALDO) and antidiuretic hormone (ADH) were observed. **Results** Plasma levels of PRA, ALDO and ADH increased significantly after both isotonic exercise and resistance exercises. Plasma levels of ADH and PRA were higher after resistance exercise than those after isotonic exercise. **Conclusion** The increases of PRA, ALDO and ADH in plasma caused by exercise might be an adaptive response to maintain balances of water and electrolyte in the status of physical stresses. The tendency of increase of ADH and PRA after resistance exercise suggested that the exercise intensity rather than type of exercise correlated with on the changes of renal hormones.

【Key words】 Isotonic exercise; Resistance exercise; PRA; ALDO; ADH

血浆肾素(plasma renin)、醛固酮(aldosterone, ALDO)和抗利尿激素(antidiuretic hormone, ADH)等通过对肾脏的调节来维持机体正常的生理功能,如维持体液内环境稳定和电解质平衡、调节血压及保持血管紧张性等^[1]。研究生理运动应激状态下血浆肾素活性(plasma renin activity, PRA)、ALDO 和 ADH 水平的变化过程,尤其是不同的运动形式对这些激素的影响,对于制定临床疾病康复的运动处方具有指导意义。为此,我们选择健康人为研究对象,以心率作为运动强度的指标,在相同靶心率和运动时间内,探讨等张运动和抗阻运动对肾脏相关激素的影响,旨在为肾脏疾病的临床康复治疗提供参考依据。

对象与方法

一、研究对象

健康男性 8 人,均无心、肾疾患,无定期的运动习

惯,年龄(21.1 ± 0.9)岁,身高(172.0 ± 5.1)cm,体重(68.4 ± 5.4)kg,体重指数(23.2 ± 2.1)kg/m²。

二、运动负荷及检测方法

受检者随机分为 2 组,每组 4 人,于早晨空腹,8:00~13:00 间参加运动负荷试验。一组进行等张运动,另一组进行抗阻运动,间隔 1 周后交换运动种类。

等张运动采用功率自行车,运动负荷设定为 50 W,通过调节脚踏速度维持 40% 运动强度的靶心率,运动时间 20 min。抗阻运动使用下肢肌力测量练习器进行下肢伸展抗阻运动,以 40% 运动强度的靶心率为目标值,左、右腿每 30 s 交替进行,运动时间 20 min。

由于器械限制,每组每次只能安排 1 人进行运动试验,运动后观察 2 h。每位受检者运动前 1 h 排空膀胱、坐位休息,根据 Karvonen 法设定 40% 运动强度的靶心率,即 $[(220 - \text{年龄} - \text{安静心率}) \times 40\% + \text{安静心率}]^{[2]}$ 。

分别于运动前、运动后即刻、运动后 40 min 和

100 min 检测受检者的血压和脉搏,并采血进行激素水平的测定。受检者于肘动脉抽血 10 ml,血液标本离心(离心半径为 10 cm,离心速度为 5 000 r/min)后冷冻保存(-20℃),48 h 内采用放射免疫分析法测定 PRA、ADH 和 ALDO 水平。

抗阻运动负荷试验前测定每位受检者下肢最大肌肉随意收缩力(maximum voluntary contraction, MVC),并于运动过程中记录 40% 运动强度靶心率的平均肌肉随意收缩力,计算其百分比(MVC%)^[3]。

三、统计学分析

所有数据资料采用 SPSS 10.0 统计软件进行 ANOVA 分析;相关分析采用 pearson 检验, $P < 0.05$ 表示差异有统计学意义。

结 果

一、等张运动和抗阻运动前、后肾脏相关激素的变化

运动前、运动后即刻、运动后 40 min 和 100 min 时肾脏相关激素的变化见表 1。等张运动后即刻,PRA、ADH 和 ALDO 水平较运动前分别增高了 177%、46% 和 67%;抗阻运动后即刻 PRA、ADH 和 ALDO 水平较运动前分别增高了 185%、141% 和 69%。抗阻运动后即刻与等张运动后即刻比较,ADH 增量(Δ ADH)显著增高(分别为 4.35 ± 3.02 和 1.35 ± 0.30 , $P = 0.049$), Δ PRA 有增高的趋势(分别为 3.82 ± 1.54 和 2.55 ± 1.02 , $P = 0.068$)。

二、等张运动和抗阻运动前、后激素水平的相关性分析

抗阻运动 MVC% 为 $(51.25 \pm 7.64)\%$,40% 运动强度的平均靶心率为 (117.25 ± 2.63) 次/min,且 MVC% 与靶心率呈正相关($r = 0.744$, $P < 0.05$)。

等张运动后即刻,PRA 与 ADH 水平呈正相关($r = 0.772$, $P < 0.05$)。等张运动后即刻 ALDO 水平与抗阻运动后即刻 ALDO 水平呈正相关($r = 0.728$, $P < 0.05$)。等张运动后 40 min,PRA 与 ALDO 浓度呈正相关($r = 0.747$, $P < 0.05$)。抗阻运动后 40 min,

PRA 与 ALDO 浓度也呈正相关($r = 0.780$, $P < 0.05$)。

讨 论

肾素是由肾脏近球细胞合成、释放的一种酸性蛋白酶,可水解肝脏合成的血管紧张素原,生成血管紧张素(angiotensin, ANG)-I,后者经肺循环在血管紧张素转换酶作用下水解成为 ANG-II。ANG-II 与血管、平滑肌、肾上腺皮质及其它组织中的 ANG 受体结合,介导一系列的生物学效应,如血管平滑肌收缩、平滑肌细胞增殖与肥厚、醛固酮释放等。因此,肾素-血管紧张素-醛固酮系统(renin-angiotensin-aldosterone system, RAAS)对血压、体液和机体内环境的稳定起着重要的调节作用。多种生理因素可以影响 RAAS,如紧张、寒冷、妊娠、低钠摄入、直立姿势等均可使肾素活性增高,ANG 分泌增多,外周阻力增大,从而促进 ALDO 的分泌,加强肾小管对钠的重吸收和钾的排出,导致体内钠、水潴留,使血容量增加,血压升高^[4]。运动是一种生理性应激反应,我们的研究发现,等张运动和抗阻运动均能促使 PRA、ADLO 和 ADH 水平升高,其中高水平的 PRA 和 ALDO 持续到运动后 40 min。这提示不同的运动形式并不影响机体对这一生理刺激作出相同的反应。因此,RAAS 系统对于维持机体的正常应激反应是十分必要的。

肾素的分泌与肾入球小动脉处的牵张感受器和致密斑感受器的调节有关^[5]。运动时由于血液重新分布,肾血流量减少,入球小动脉的压力下降,血流量减少,因此对小动脉壁的牵张刺激减弱,促使肾素释放增加;同时,由于入球小动脉的压力下降和血流量减少,肾小球滤过率降低,导致到达致密斑的钠量也减少,从而激活致密斑感受器,促使肾素的分泌。肾素的含量和活性增高可刺激 ANG-II 的生成,后者又可促使血浆 ALDO 水平升高。我们观察到,运动后 40 min,无论是等张运动还是抗阻运动,ALDO 水平都与 PRA 呈正相关。提示肾素和 ALDO 对于运动刺激的反应是相呼应的,通过对 RAAS 的调节,可减少运动时肾脏对钠的排出,增加血容量,以弥补肾血流量的相对不足。此外,

表 1 等张运动和抗阻运动中肾脏相关激素的变化($\bar{x} \pm s$)

检测指标	等张运动			
	运动前	运动后即刻	运动后 40 min	运动后 100 min
PRA($\text{pg} \cdot \text{ml}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$)	1.44 ± 0.44	$3.99 \pm 1.46^*$	$2.88 \pm 0.90^{\#}$	$2.25 \pm 0.76^*$
ADH($\text{pg} \cdot \text{ml}^{-1}$)	2.95 ± 1.38	$4.30 \pm 1.68^{\#}$	3.78 ± 1.47	3.54 ± 1.86
ALDO($\text{pg} \cdot \text{ml}^{-1}$)	101.38 ± 27.36	$169.50 \pm 55.42^*$	$148.38 \pm 45.45^*$	113.13 ± 29.45
检测指标	抗阻运动			
	运动前	运动后即刻	运动后 40 min	运动后 100 min
PRA($\text{pg} \cdot \text{ml}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$)	2.06 ± 1.25	$5.88 \pm 2.79^{* \Delta}$	$2.66 \pm 1.16^*$	2.40 ± 1.10
ADH($\text{pg} \cdot \text{ml}^{-1}$)	3.09 ± 1.01	$7.44 \pm 4.03^{\# \Delta}$	3.29 ± 1.02	3.86 ± 1.66
ALDO($\text{pg} \cdot \text{ml}^{-1}$)	109.63 ± 31.75	$185.50 \pm 54.74^*$	$169.00 \pm 55.57^*$	106.88 ± 29.01

注:与运动前比较,* $P < 0.01$, $^{\#}P < 0.05$;与等张运动后即刻比较, $^{\Delta}P = 0.056$, $^{*}P = 0.059$

我们还发现,运动后即刻 ALDO 水平的升高在等张运动和抗阻运动之间差异并无统计学意义,且两种运动后即刻血浆 ALDO 水平呈正相关,提示运动形式并不影响 ALDO 的分泌程度。最近研究发现,ALDO 除了具有潞钠和收缩血管的作用外,还可以促进心肌肥厚和纤维化^[6]。已经证实肾组织 ALDO 受体不仅分布于远侧肾小管上皮细胞和血管内膜细胞,还分布在肾小球系膜细胞上,可能与肾小球的纤维化与硬化有关^[7]。本研究显示,运动可以刺激肾素和 ALDO 的释放,至于不同的运动形式是否会加重肾脏疾病患者的脏器功能损伤,还有待于进一步的临床研究。

ADH 由垂体后叶分泌,主要作用于肾脏远曲小管,促进肾脏对水的再吸收,减少尿量,增加血容量,维持体内渗透压平衡,同时促进外周毛细血管的收缩以维持血压。Leach 和裴静琛等^[8,9]报道,运动病发生后,尿中 ADH 升高。本研究观察到,等张运动后即刻 PRA 和 ADH 水平的增高呈正相关,提示运动时机体通过对 RAAS 和 ADH 分泌的调节,增加了肾小管对钠和水的再吸收,扩大血容量,维持体液的渗透压和血压,保证机体得以维持运动状态。同时还发现,抗阻运动后即刻 Δ ADH 与等张运动后即刻 Δ ADH 比较,有增高趋势;且抗阻运动后即刻 Δ PRA 与等张运动后即刻 Δ PRA 比较,也有增高趋势,这提示运动强度对这些激素的分泌有一定的影响。根据记录资料显示,在抗阻运动中使用 40% 运动强度的靶心率,实际上相当于 50% MVC^[10]。抗阻运动本身的运动特性也会导致激素水平的增高。有学者报道^[11],发生轻度和中度运动病症状的飞行员尿中 ADH 含量减少,而发生重度运动病症状的飞行员尿中 ADH 含量升高,其原因在于 ADH 的分泌调控是一个复杂的过程,可能与刺激的强度有关。

本研究探讨了两种运动形式对肾脏相关激素的影响,显示两种运动形式均可促进 PRA、ALDO、ADH 的分泌,且抗阻运动后即刻 PRA 和 ADH 水平与等张运动后比较,有增高趋势,提示这些肾脏相关激素的变化是机体在应激状态下维持水、电解质平衡的一种适应

性反应,相对于运动形式而言,运动强度对激素变化程度的影响更大。应激反应是机体的一种重要的防御机制,一旦运动强度超出了机体的适应能力,就可能发生异常的应激反应,表现为 ADH、PRA 和 ALDO 的分泌异常,造成内环境紊乱,诱发疾病或使原有的疾病发展与恶化。因此,对于合并有心血管和肾脏疾病的患者实施运动疗法时,控制运动强度可能较选择运动形式更为重要。

参 考 文 献

- 1 Takamata A, Hiroshi N, Takashi K, et al. Effect of acute hypoxia on vasopressin release and intravascular fluid during dynamic exercise in humans. *Am J Physiol Regulatory Integrative Comp Physiol*, 2000, 279: 161-168.
- 2 McArdle WD, Katch FI, Katch VL. Individual differences and measurement of energy capacities in exercise physiology, energy, nutrition and human performance. 3rd ed. Malvern PA: Lea & Febige, 1991. 199-232.
- 3 Kubo K, Kanehisa H, Fukunaga T. Effects of different duration isometric contractions on tendon elasticity in human quadriceps muscles. *J Physiol*, 2001, 536: 649-655.
- 4 Rodgers JE, Patterson JH. The role of the renin-angiotensin-aldosterone system in the management of heart failure. *Pharmacotherapy*, 2000, 20: 368-378.
- 5 何军, 刘晓方. 慢性心力衰竭肾素-血管紧张素-醛固酮系统活性变化及临床意义. *医学综述*, 2003, 9: 15-16.
- 6 Rocha R, Stier Jr CT. Pathophysiological effects of aldosterone in cardiovascular tissues. *Trends Endocrinol Metab*, 2001, 12: 308-314.
- 7 Perazella MA, Setaro JF. Renin-angiotensin-aldosterone system: fundamental aspects and clinical implications in renal and cardiovascular disorders. *J Nucl Cardiol*, 2003, 10: 184-196.
- 8 Leach CS, Alfrey CP, Suki WN, et al. Regulation of body fluid compartments during short-term spaceflight. *J Appl Physiol*, 1996, 81: 105-116.
- 9 裴静琛, 刘振秀, 杨唐斌, 等. 运动病中某些激素和无机盐的变化. *航天医学与医学工程*, 1995, 8: 7-11.
- 10 江钟立, 周士枋, 励建安, 等. 等张运动和抗阻运动对心血管的反应及相关激素的影响. *中国康复医学杂志*, 2002, 17: 26-28.
- 11 万玉民, 田广庆, 刘振秀, 等. 前庭刺激对飞行员尿中皮质醇、醛固酮和抗利尿激素含量的影响. *航天医学与医学工程*, 1996, 9: 431-434.

(修回日期: 2004-12-07)

(本文编辑: 吴倩)

· 文献题录 ·

国外最新文献题录(二)

- Verplancke D, Snape S, Salisbury CF, Jones PW, et al. A randomized controlled trial of botulinum toxin on lower limb spasticity following acute acquired severe brain injury. *Clin Rehabil*, 2005, 19(2): 117-125.
- Jones A, Tilling K, Wilson-Barnett J, et al. Effect of recommended positioning on stroke outcome at six months: a randomized controlled trial. *Clin Rehabil*, 2005, 19(2): 138-145.
- Wang R-Y, Chen H-I, Chen C-Y. Efficacy of Bobath versus orthopaedic approach on impairment and function at different motor recovery stages after stroke: a randomized controlled study. *Clin Rehabil*, 2005, 19(2): 155-164.