

雌性大鼠力竭性游泳後血清激素的變化

The Changes of Serum Hormones in Female Rats after an Exhaustive Swimming

孔兆偉・傅浩堅

香港浸會大學

許士芬博士體康研究中心

Kong Zhaowei · Frank Fu

*Dr. Stephen Hui Research Centre for Physical Recreation & Wellness,
Hong Kong Baptist University, HONG KONG*



摘要

本文章利用40只大白鼠探討有關在力竭性游泳後血清激素的變化。研究員把大白鼠分成實驗組和對照組，經測試後分析其結果及作出討論。

Abstract

The changes of serum hormones during strenuous exercise were studied. 40 female Sprague-Dawley rats were randomly assigned into two groups—the exhaustive swimming group rats and the control. They were sacrificed after exhaustive swimming. Changes in the exercised rats indicated that: 1) the concentrations of serum estradiol (雌二醇, E₂) decreased significantly, 2) no significant change in progesterone (孕酮, P, 3) the level of serum cortisol (皮質醇, C) was higher in the exercised rats, 4) the testosterone (睪酮, T) level remained unchanged in both groups, 5) triiodothyronine (三碘甲狀腺胺酸, T₃) and thyroxine (四碘甲狀腺胺酸, T₄) levels were lower than those of the control group. It appears the changes of serum E₂ and P are related to adrenal and thyroid functions and they in turn affect the ovary indirectly.

引言

本世紀七十年代以來，越來越多的女性參與運動，女子體育運動發展迅速，男女間的運動強度、運動成績的差距日益縮小(陳中偉, 1996; 曲綿域、高云秋, 1996)。但是由於女子與男子在解剖、生理、心理等方面各有特點，因此確切了解運動時女性的生理機能變化，是一個值得研究的課題。近年來，隨激素測定技術的發展和普及，運動訓練中所產生的內分泌變化亦有較多報導。

當今，賽場角逐日趨激烈，新紀錄不斷更新，運動訓練高度發展，新的訓練方法也不斷引入，大運動量訓練就是訓練中廣泛採用的一種方法。大強度劇烈運動對激素有一定影響，有學者提到，一次超負荷劇烈運動也足以導致激素紊亂的發生(唐本雄, 1990)。有人甚至指出，即使休閒性跑步也會使正常女性生殖激素改變(Brooks, Pirke, Schweiger, Tuschl, Laessle, Strowitzki, Horle, Horl, Hass, & Jeschke, 1990)。

對於該類問題，研究結果常有分歧。究其原因，除運動強度控制、運動時間、受試情緒、採樣時間外，試驗對象的選取不統一、不嚴格也是一個重要原因。另外，筆者也發現有關文獻多以男性為研究樣本，劇烈運動對女性激素水平的影響尚不多見。為此，本文以雌性大鼠作為試驗對象，力圖使試驗條件更加嚴格，旨在探討力竭性游泳後血清性激素、皮質激素、甲狀腺素等激素的變化，從而了解和掌握大強度運動後激素變化的特點和規律，為運動訓練科學化及防治運動損傷提供一些依據。

研究方法

實驗對象

為40只雌性Sprague Dawley(SD)成熟健康純種大白鼠，在實驗室飼養4週，讓鼠適應環境的變化。實驗週齡為12週，平均體重為272.69 ± 3.67克。所有鼠在同一室飼用，標準齧齒類動物飼料喂養。自由進食進水，室溫在20°C左右，自然光平均照射12小時/天。

動物分組

將40只大鼠隨機均分為兩組，一組為實驗組，即力竭性游泳組(Exercise)，在30–34°C水中游泳至力竭；一組為對照組(Control)，籠中飼養，取血樣前鼠在水池中游泳3–5分鐘，以消除水的應激。兩組鼠體重無差異(見表1)。

表1. 大鼠實驗前體重(克)

	Exercise	Control	P
Mean±Std.	288.40±30.94	282.40±31.71	>0.05

當實驗組游泳力竭後，在鼠清醒狀態下，和對照組一起快速斷頭取血。所有操作均在9:00–12:00完成。血液樣本在室溫20°C條件下靜置2小時後，以3000轉／分的轉速離心15分鐘，分裝血清置於–20°C條件下保存備用。

激素測定

用³H放射免疫方法(RIA)測定血清雌二醇、孕酮、睪酮和皮質醇，藥盒由上海內分泌所提供，Beckman 1801-β計數器計數；血清三碘甲狀腺胺酸(T_3)和四碘甲狀腺胺酸(T_4)用¹²⁵I放免法測定，藥盒由德普公司提供，LKB-v計數器計數。所有樣品均為雙管測定，雙管誤差均小於10% (其中 T_3 和 T_4 小於5%)，批內誤差最大者為10.21%，其它參數符合RIA測定要求。

數理統計

用SPSS/PC統計軟件包完成，統計方法為獨立樣本的t檢驗(顯著水平為.05和.01)及相關對比分析。

結果與討論

血清性激素的變化

力竭性游泳後雌性大鼠的雌二醇水平明顯比對照組降低($P<.01$)，孕酮沒有變化，見表2。

表2. 大鼠血清E₂(pg/ml)和P(pg/dl)的變化

	Exercise	Control	P
E ₂	28.83±21.81	59.74±28.25	<.01
P	36.27±7.65	44.17±5.95	>.05

雌性大鼠性成熟後，陰道粘膜細胞出現與人類月經周期類似的改變即動情周期，一般一個周期為4天。大鼠動情周期分為四個階段：動情前期、動情期、動情後期、動情間期。動情周期階段不同，激素水平不一，其中動情間期時雌激素水平最低。為更加嚴格控制實驗條件，使實驗組、對照組鼠於實驗前的基礎激素水平相同，本研究所有鼠均在動情間期斷頭取血。

雌二醇和孕酮主要是由卵巢合成分泌的，並隨卵巢週期變化而改變。劇烈運動後雌二醇和孕酮的變化報導不一。中等強度運動後，女性雌二醇和孕酮明顯增加(Jurkowski et al., 1978)；劇烈運動後，雌二醇的變化不盡相同，多數和我們的結果是一致的(Baker, Mathur, Kirk, Landgrebe, Moody & Williamson, 1982; Loucks, 1990)。力竭性運動後，大鼠雌二醇酮的水平低下，証實了大運動負荷會使大鼠內分泌機能變化甚至紊亂，從而抑制生殖機能。Car1berg, Buckman, Peake及 Riedesel (1983)報告，大鼠劇烈運動後，卵巢重量減輕，功能下降，甾體激素合成減少。

雌二醇分泌減少可能與下丘腦-垂體-卵巢軸的內分泌變化有關。垂體前葉分泌的促性腺激素有卵泡刺激素(FSH)和黃體生成素(LH)，卵泡刺激素和黃體生成素分泌減少，可以調節性腺所分泌的雌二醇酮的分泌量，使之處於低水平(Loucks & Horvath, 1985)。

近來，許多研究注意到低骨密度值、骨質疏鬆與雌、孕激素降低有關(Cann, Martin, & Genant, 1984; Marcus, Cann, Madrig, Minkoff & Goddard, 1985; Poehlman, Tremblay, Nadeau, Dussault, Theriault & Bouchard, 1986)，因為雌激素可抑制骨的重吸收、而孕激素可刺激骨的合成。有研究指出：低雌二醇是應力骨折和骨礦丟失的原因(Marcus, 1985)；也有人報告：低孕酮水平可引起女運動員的骨密度降低(Kalhoff, 1975)。

血清皮質醇(C)、睪酮(T)、甲狀腺素(T_3 、 T_4)的變化

實驗組血清皮質醇水平明顯高於對照組($P<.01$)，血清睪酮沒有差異($P>.05$)。實驗組血清 T_3 、 T_4 明顯低於對照組($P<.05$)。

表3. 大鼠血清C(ng/ml)、T(pg/ml)、 T_3 (ng/dl)和 T_4 (ug/dl)的變化

	Exercise	Control	P
C	20.07±7.73	3.85±2.39	<.05
T	52.80±59.90	58.55±14.64	>.05
T_3	62.92±13.34	71.63±10.50	<.05
T_4	3.27±1.01	4.40±0.96	<.05

Loucks, Mortola, Girton 及 Yen(1989)指出運動作為一種應激會引起糖皮質激素分泌過多。多數文獻報告，進行運動強度為60%–70%V02max時，血漿皮質醇濃度升高(Farell et al., 1983; Few, 1974)。Kanaley, Boileau, Bahr, Misner, 及 Nelson (1992)指出：劇烈運動後高水平皮質醇，可能是機體對能量消耗過大的一種適應性反應。大鼠血清皮質醇的升高可能是由於其產生率超過分泌率的結果(Cashmore, Davies & Few, 1977)，皮質醇增加，可以加快肝糖原分解，血糖轉變，降低外周組織葡萄糖

攝入和利用。Cashmore等(1997)報道有訓練的運動員睪酮水平是升高的，運動後血漿睪酮含量增加可能是由於血液濃縮的緣故。但大多數學者報告大強度劇烈運動後睪酮水平不變或稍低，並無顯著增高(Loucks, 1985; Madelaenat, 1997)，這和本文的實驗結果是吻合的。

甲狀腺素一方面使組織分解代謝加強、耗氧量、產熱量和形成ATP的量增多，另一方面使組織細胞內的蛋白質、核糖核酸、脫氧核糖核酸合成增多。前人關於運動對甲狀腺代謝活動的研究結果不一，有些報道降低(Boyden, Pamenter, Rotkis, Stanforth, & Wilmore, 1984; Poehlman et al., 1986)，有些不變(Brooks et al., 1990)。我們的結果表明，實驗組血清 T_3 、 T_4 明顯低於對照組，說明該運動負荷已足以使甲狀腺激素明顯變化，有關激素的反饋調節系統處於紊亂狀態。運動後 T_3 、 T_4 水平降低是運動機體的自身蛋白進一步分解的抑制的結果，避免能量消耗過多。

血清 E_2 、P與C、T、 T_3 、 T_4 的相關分析

雌二醇分泌減少可能與下丘腦-垂體-卵巢軸的機能失調有關，也可能與體內睪酮、皮質醇、甲狀腺素等激素的內分泌變化間接作用於下丘腦-垂體-卵巢軸有關(De Souza, Maguire, Maresh, Kraemer, Rubin & Loucks, 1991; Kanaley et al., 1992)。本文實驗結果顯示除對照組血清 E_2 和C相關外，其餘均無相關；力竭組P與 T_3 呈負相關，相關無規律可循(見表4，表5)。

表4. E_2 與C、T、 T_3 、 T_4 的相關分析

	Exercise	Control
C	0.36*	0.64*
T	0.03	-0.12
T_3	-0.19	-0.11
T_4	-0.44	-0.04

* $P<0.05$

表5.P與C、T、 T_3 、 T_4 的相關分析

	Exercise	Control
C	-0.004	0.25*
T	0.08	-0.21
T_3	-0.76*	-0.17
T_4	-0.41	-0.33

* $P<0.05$

大鼠血清 E_2 低下與血清皮質醇並不相關，提示大鼠 E_2 的降低可能並非是腎上腺直接影響造成的。有學者証實，應激狀態下的皮質醇水平升高可導致LH分泌減少，從而抑制生殖機能。丁菊紅(1988)的研究雖發現皮質醇升高和雌二醇降低，而兩者並無直接相關。Keizer等(1992)認為持續

增加的腎上腺活動會抑制雌激素的分泌活動，運動練習可以導致女性性激素下降，很大程度是因為大負荷運動造成LH分泌模式變化，LH改變可能是下丘腦分泌的腎上腺皮質釋放激素(CRH)抑制了促性腺激素的釋放。大負荷運動引起大鼠皮質醇的高水平和 T_3 、 T_4 的低水平，可能會影響黃體生成素(LH)分泌減少，從而導致雌激素水平降低，也就是說雌激素的降低，是大負荷運動致使腎上腺和甲狀腺機能變化，而間接影響LH的結果。

總結

(1)力竭性游泳後雌性大鼠血清雌二醇降低、血清孕酮無變化；血清皮質醇升高、血清睪酮無變化，血清 T_3 、 T_4 濃度均降低。提示：力竭性運動會對機體的內分泌機能造成較大影響。

(2)力竭性游泳後大鼠血清雌二醇、孕酮變化與血清皮質醇、睪酮、 T_3 、 T_4 的相關無明顯規律。提示：力竭性運動大鼠血清雌二醇和孕酮降低可能與腎上腺、甲狀腺機能有關，並可能間接影響卵巢機能。

參考文獻

- 陳中偉(1996) 運動醫學。上海科技教育出版社 第1版。
 曲綿域、高云秋(1996) 實用運動醫學。北京科學技術出版社。
 第1版 1月。
- 唐本雄(1990) 女運動員月經紊亂與激素狀態。中國運動醫學雜志 3.(3) 171-178。
- 丁菊紅(1988) 運動性閉經機理的探討。中國運動醫學雜志 7.(4) 203-205。
- Baker, E. R., Mathur, R.S., Kirk R.F., Landgrebe S.C., Moody L. O. & Williamson, H. O.(1982). Plasma gonadotropins, prolactin, and steroid hormone concentrations in female runners immediately after a long-distance run. *Fertil. Steril.* 38, 38-41.
- Boyden, T. W., Pamenter, R. W., Stanforth, P., Rotkis, T., & Wilmore, J. H. (1983). Sex steroids and endurance running in women. *Fertil. Steril.* 39, 629-632.
- Boyden, T. W., Pamenter, R. W., Rotkis, T. C., Stanforth, P., & Wilmore, J. H. (1984). Thyroid changes associated with endurance training in women. *Med. Sci. Sports Exerc.* 16, 243-246.
- Brooks, A., Pirke, K. M., Schweiger, U., Tuschl, R. J., Laessle, R. G., Strowitzki, T., Horle, E., Horl, T., Hass, W. & Jeschke, D.(1990). Cyclic ovarian function in recreational athletes. *J. Appl. Physiol.* 68, 2083-2086.

- Cann, C. E., Martin, M. C. & Genant, H. K. (1984). Decreased spinal mineral content in amenorrheic women. *JAMA* 251, 626-629.
- Carlberg, K. A., Buckman, M.T., Peake, G.T. & Riedesel, M. L. (1983). A survey of menstrual function in athletes. *Eur. J. Applied Physiol.* 51, 211-222.
- Cashmore, G., Davies, C. & Few, J. (1977). Relationship between increases in plasma cortisol concentration and rate of cortisol secretion during exercise in man. *J. Endocrinol.* 72, 109-110.
- De Souza, M. J., Maguire, M. S., Maresh, C. M., Kraemer, W. J., Rubin, K. R. & Loucks, A. B. (1991). Adrenal activation and the prolactin response to exercise in eumenorrheic and amenorrheic runners. *J. Appl. Physiol.* 70, 2378-2387.
- Farell, P. et al (1983). Plasma adrenocorticotropin and cortisol response to submaximal and exhaustive exercise. *J. Appl. Physiol.* 55, 1441-1444.
- Few, J. (1974). Effect of exercise on the secretion and metabolism of cortisol in man. *J. Endoc.* 62, 341-353.
- Jurkowski, J. E. et al. (1978). Ovarian hormonal responses to exercise. *J. Appl. Physiol.* 44, 109-114.
- Kalkhoff, R. (1975). Effects of oral contraceptive agents on carbohydrate metabolism. *J. Steroid. Biochem.* 6, 949-956.
- Kanaley, J.A., Boileau, B. A., Bahr, J. A., Misner, J. E. & Nelson, R. A. (1992). Substrate oxidation and GH responses to exercise are independent of menstrual phase and status. *Med. Sci. Sports Exe.* 24, 873-880.
- Keizer, H. A., et al (1987). Hormonal Responses in Women as a Function of Physical Exercise and Training. *Int. J. Sports Med.* 8, 137-148.
- Keizer, H. A. et al (1992). Physical exercise and menstrual cycle alterations: what are the mechanisms? *Sports Med.* 10, 218-235.
- Loucks, A. B. and Horvath, S. M. (1985). Athletic amenorrhea: a review. *Med. Sci. Sports Exe.* 17, 56-72.
- Loucks, A. B., Mortola, J., Girton, L. & Yen, S. S. (1989). Alterations in the hypothalamic-pituitary-ovarian and the hypothalamic-pituitary-adrenal axes in woman. *J. Clinical Endocrinology and Metabolism.* 68, 402-411.
- Loucks, A. B. (1990) Effects of exercise training on the menstrual cycle: existence and mechanism. *Med. Sci. Sports Exerc.* 22, 275-280.
- Madelaenat, P. et al. (1997) The exercise woman: too much or not enough androgens? *Sci. Sports* 12, 46-50.
- Marcus, R., Cann, C. E. Madrig, P., Minkoff, J. & Goddard, M. (1985). Menstrual function and bone mass in elite women distance runners. *Ann Intern. Med.* 102, 158-163.
- Poehlman, E. T., Tremblay, A., Nadeau, A., Dussault, J., Theriault, G. & Bouchard, C. (1986) Heredity and changes in hormones and metabolic rates with short-term training. *Am. J. Physiol.* 250, E711-E717.
- Wolman, R. L., Clark, P., Mcnally, E., Harries, M. G., & Reeve, J. (1992) Dietary calcium as a statistical determinant of spinal trabecular bone density in amenorrheic and estrogen-replete athletes. *Brit. Med. J.* 17, 415-423.