

# 運動の性ホルモン分泌に対する影響

伊 藤 鋌 夫

## 緒 言

基礎体温（BBT）を指標として東京女子体育大学バレーボール部員の月経状況を1983年4月より現在まで連続観察している。この間の記録の分析の結果、単相型 BBT の月経周期が全月経周期数の80%を占めていることが判明した。これらの単相型 BBTは稀発月経、無月経を含めて無排卵月経を暗示している。この事実は、慢性的な過度の運動が視床下部、下垂体、卵巢の生殖軸のいずれかの点に何らかの影響を及ぼし、性ホルモン分泌の変動を惹起していることを示唆している。この機構は不明であるがその解明に対して1回の運動負荷における性ホルモン分泌の急性的変化の追究が一つの手がかりを与えるであろう。今回の研究は最大運動時の性ホルモン及び関連ホルモンの分泌の変動を分析し、運動部員の月経異常の成因解明の糸口を把握することを試みた。

## 方法及び結果

### A. BBT記録分析

東京女子体育大学バレーボール部員28名の2か年間及び7名の3か年間の完全記録の分析を行った。分析に際してBBTの諸型を下記の如く分類した。

#### 基礎体温型の分類

##### I. 2相型

- (1型) 正常型 → 卵胞期11～23日, 黄体期10～16日
- (2型) 黄体期短縮型 → 黄体期9日以下
- (3型) 卵胞期延長型 → 卵胞期23日以上
- (4型) 卵胞期延長・黄体期短縮型 → 周期39日以内
- (5型) 稀発月経周期 → 周期40日以上

##### II. 単相型

- (6型) 頻発月経周期 → 周期20日以下
- (7型) 単相型周期 → 周期40日以下
- (8型) 単相型稀発月経周期 → 周期40日以上, 90日未満
- (9型) 無月経型周期 → 周期90日以上

分析の結果、これら各型の発生率は表1の如くなった。単相型 BBT 周期が2年及び3年間

の記録において全月経周期の80%出現している事実が注目される。

## B. 運動と血中ホルモン濃度の変動に関する実験

表-1 2年及び3年間のBBT長期記録における各型の出現率

### 実験1. 正常型 BBT 月経周期の者についての運動と性ホルモンに関する実験

測定方法

被験者：運動部に所属していない正常型 BBT 月経周期の学生5名を対象とした。(年齢19～20歳)

運動負荷：Monark 社の自転車 エルゴメーターを使用して、運動開始後4分間は無負荷とし、4分目より20ワットの負荷を2分間かけ、以後2分間毎に20ワットずつ段階的に漸増し、被験者がオールアウトに達するまで負荷を上昇させた。

血中ホルモン濃度測定：運動前及び運動直後に肘静脈より採血し、直ちに血清を分離し、RIA測定日まで $-18^{\circ}$ の冷凍庫に保存した。

前回の方法<sup>1)</sup>と同様なRIA法により、LH、FSH、 $E_2$ 及びプロラクチンの濃度を測定した。

測定結果

運動前後のこれら性ホルモンの濃度は表2に示す如く、プロラクチンのみが有意な上昇をした。

BBT	2年間記録 (%)	3年間記録 (%)
[1]型	10.6	12.2
[2]型	3.5	3.3
[3]型	1.4	1.4
[4]型	1.8	0.9
[5]型	1.6	2.3
[6]型	6.5	6.1
[7]型	63.3	56.3
[8]型	9.0	15.5
[9]型	2.3	1.9
n	28	7
月経回数	556	213

表-2 最大運動負荷後の血中性ホルモン濃度の変化

ホルモ ン	運 動 前 (M $\pm$ SD)	運動直後 (M $\pm$ SD)
LH[mIU/ml]	25.66 $\pm$ 11.02	25.41 $\pm$ 12.71
FSH[mIU/ml]	9.30 $\pm$ 3.32	8.62 $\pm$ 3.25
$E_2$ [pg/ml]	72.10 $\pm$ 55.87	94.80 $\pm$ 63.29
プロラクチン[ng/ml]	12.07 $\pm$ 4.92	26.10 $\pm$ 9.83*

被験者：正常月経周期の者 5名 \* (P<0.01)

### 実験2. 単相型 BBT 月経周期の者についての運動と性ホルモンに関する実験

測定方法

被験者：単相型 BBT 月経周期のバレー部員4名(年齢20～21歳)

運動負荷：血中ホルモン濃度測定：実験1と同様に行った。

測定結果

表3に示す如く、実験1の結果と同様な結果を得た。

表-3 最大運動負荷後の血中性ホルモン濃度の変化

ホルモ ン	運 動 前 (M $\pm$ SD)	運動直後 (M $\pm$ SD)
LH[mIU/ml]	9.1	8.9
FSH[mIU/ml]	4.3	5.5
$E_2$ [pg/ml]	58.0	54.8
プロラクチン[ng/ml]	13.0	18.4

被験者：BBT単相型周期の者 4名

### 実験3. 運動と血中プロラクチン濃度の変動に関する実験

## 測定方法

被験者：単相型BBT月経周期のバレー部員3名（年齢20～21歳）

運動負荷：実験1と同様な負荷条件で行い，各負荷段階の後半1分間の呼気をダグラスバックに採集し，日本電気1H21Aガスモニターにより呼気中の $O_2$ 及び $CO_2$ の濃度を測定した。

血中プロラクチン濃度測定：運動前後及び運動中 $\dot{V}O_2$ が， $\dot{V}O_{2\max}$ の50%時と90%時に採血し血清中のプロラクチン濃度をRIA

法により測定した。

表-4 最大運動時における血中プロラクチン濃度の変動

## 測定結果

表4にみる如く，血中プロラクチン濃度は， $\dot{V}O_2$ が $\dot{V}O_{2\max}$ の50%時に1.5倍強，90%時に2倍強，運動直後に3倍に上昇した。

プロラクチン [ng/ml]	運 動 中			
	運動前	50% <sup>1</sup>	90% <sup>2</sup>	運動直後
	6.1	10.0	13.2	18.2

被験者：BBT単相型周期の者 3名

$$1. \frac{\dot{V}O_2 \text{ at } 1}{\dot{V}O_{2\max}} = 0.5$$

$$2. \frac{\dot{V}O_2 \text{ at } 2}{\dot{V}O_{2\max}} = 0.9$$

#### 実験4. 運動と血中カテコールアミン濃度の変動に関する実験

## 測定方法

実験3の採血した血液の一部をEDTA含有試験管にとり血漿に分離し，血漿中のアドレナリン，ノルアドレナリン及びドーパミンの濃度を，高速液クロマトグラフィー及び蛍光光度計により測定した。

## 測定結果

ドーパミンの血中濃度は低値で変動を探知できなかったが，アドレナリン，ノルアドレナリンの血中濃度は表5の如く， $\dot{V}O_2$ が $\dot{V}O_{2\max}$ の90%時及び運動直後に著しく上昇した。

表-5 最大運動時における血中カテコールアミン濃度の変動

[pg/ml]	運 動 中			
	運動前	50% <sup>1</sup>	90% <sup>2</sup>	運動直後
アドレナリン	35.0	61.7	194.0	239.7
ノルアドレナリン	297.7	458.3	1523.3	2666.7
ドーパミン	<200	<200	<200	<200

被験者：BBT単相型周期の者 3名

$$1. \frac{\dot{V}O_2 \text{ at } 1}{\dot{V}O_{2\max}} = 0.5$$

$$2. \frac{\dot{V}O_2 \text{ at } 2}{\dot{V}O_{2\max}} = 0.9$$

#### 実験5. 運動中及び運動後のアドレナリン及びノルアドレナリンの血中濃度の変動に関する実験

## 測定方法

被験者：単相型BBT月経周期のバレー部員4名（年齢19～20歳）

運動負荷：Monark社製自転車エルゴメーターを使用し，運動開始後を4分間20ワット，ついで4分間ごとに20ワットずつ負荷を漸増させ，オールアウトにいたるまで負荷を上昇した。安静時及び運動終了までの各負荷段階の最終1分間の呼気を採取し，実験3と同様な方法で $O_2$ 及び $CO_2$ の濃度を測定した。

血中アドレナリン，ノルアドレナリン濃度測定：各負荷段階で呼気を採取すると同時に，また運動中止直後及びそれより2分間隔で10分まで採血を行い，血漿中のアドレナリン，ノルアド

表-6 運動中及び後のアドレナリン, ノルアドレナリンの血中濃度の変動

	運動前	3~4'	7~8'	11~12'	15~16'	19~20'	23~24'	27~28'	31~32'	35~36'	運動直後	2'	4'	6'	8'	10'
負荷 (ワット)	0	20	40	60	80	100	120	140	160	180						
$\dot{V}O_2$	201	427	607	882	1020	1222	1493	1732	1871	2218						
アドレナリン (pg/ml)	18	17	21	21	18	27	47	83	142	308	143	61	59	46	41	41
ノルアドレナリン (pg/ml)	343	446	495	470	422	495	604	1020	2000	3380	2450	1140	1010	762	685	527

レナリン濃度を実験4と同様な方法で測定した。

#### 測定結果

4名の被験者のアドレナリン及びノルアドレナリンの血中濃度の変動はほぼ同様な傾向を示した。表6はそのうちの1名の運動中及び運動後の両者の変動を示している。 $\dot{V}O_2$ が $\dot{V}O_{2max}$ の60~70%時より急激な上昇を示し、 $\dot{V}O_{2max}$ 時にはアドレナリンは約17倍、ノルアドレナリンは約10倍に上昇し運動後急速に下降する。この結果は金谷ら<sup>2)</sup>の実験結果に一致している。

表-7 運動による血中 $\beta$ -エンドルフィン濃度の変化

$\beta$ -エンドルフィン濃度 (pg/ml)			
被験者	運動前	運動中	運動後
H	23	24	140
T	20	32	170

### 実験6. 運動と血中 $\beta$ -エンドルフィン濃度の変化に関する実験

#### 測定方法

被験者：東京女子体育大学陸上部，中距離選手2名（年齢19歳）

運動負荷：トレッドミルを使用し最初の5分間200m/分の速度とし、以後5分ごとに20m/分ずつ速度を上昇させオールアウトにいたるまで漸増した。

血漿中の $\beta$ -エンドルフィンの濃度測定：採血を運動前後及び運動中、負荷段階260m/分の時点で採血を行い、血液をEDTA試験管にとり、血漿に分離しRIA法により測定を行った。

#### 測定結果

2名の測定結果を表7に示すが、運動直後の血中 $\beta$ -エンドルフィン濃度は、安静時の濃度の7~8倍に達した。

上記の実験1は昭和61年4月下旬，実験2・3・4は7月下旬，実験5及び6は11月下旬に東京女子体育大学運動生理学実験室において行った。血中性ホルモン，カテコールアミン及び $\beta$ -エンドルフィンの濃度測定は採血後一週間以内に北里プリストルマイヤー生化学研究所に於いて行った。

## 考 察

東京女子体育大学バレー部学生28名のBBT長期間記録は、慢性的運動がこれらの部員の多

数に排卵障害を惹起していることを示唆している。このような女性運動家にみられる排卵障害の成因として Bonen<sup>3)</sup> や Boyden<sup>4)</sup> らは 1 回 1 回の運動による性ホルモン分泌の急性的変化の蓄積が視床下部・下垂体・卵巢の性殖軸のいずれかの部位になんらかの機能障害をもたらすからではないかと推論している。今回の最大運動負荷の性殖腺ホルモン分泌に対する急性的影響を検索した実験 1・2 は、正常 B B T 月経周期の非運動部員及び単相型 B B T 月経周期の両者共に於いてゴナドトロピンやステロイドホルモンの分泌に変化は生じなかったが、他の研究者<sup>3) 5) 6) 7)</sup> の測定結果と同様にプロラクチン分泌が亢進したことを明らかにした。このプロラクチンの血中濃度の上昇は、運動中  $\dot{V}O_2$  が  $\dot{V}O_{2\max}$  50% 時より上昇しはじめ 90% 時には安静時の 2 倍に、運動中止時には 3 倍に達している (実験 3)。この上昇は、運動後 1 時間以内に安静値にもどることが報告されている<sup>5)</sup>。プロラクチンと同時に測定したカテコールアミンのうちドーパミンの濃度は著しく低値で運動による変化はみられなかったが、アドレナリン・ノルアドレナリンの血中濃度は  $\dot{V}O_{2\max}$  時の直前に急激に上昇しアドレナリン及びノルアドレナリンの濃度はそれぞれ 7・8 倍に上昇している (実験 4)。なお、実験後の各運動負荷段階及び運動後 10 分間のアドレナリン・ノルアドレナリンの血中濃度の変動を示す一例 (表 6) は前者は  $\dot{V}O_2$  が  $\dot{V}O_{2\max}$  の 70% 時より上昇しはじめ、以後急激に上昇しオールアウト時に 17 倍の上昇、後者も同様にオールアウト時に 10 倍の上昇を、また運動中止後の急速な下降を示している。一方運動による  $\beta$ -エンドルフィンの血中濃度の上昇が報告されている<sup>8)</sup>。実験 6 のトレッドミル最大運動時に於いて、運動直後の  $\beta$ -エンドルフィンの血中濃度は運動前の濃度の約 7 倍に増加した。 $\beta$ -エンドルフィンはドーパミンの作用を抑制し、また LH 放出促進ホルモンの分泌も抑制する<sup>8)</sup>。カテコールアミンはエンケファリンアミノペプチダーゼの活性を抑制して  $\beta$ -エンドルフィンの分解を阻止する。最大運動時終期のアドレナリン・ノルアドレナリンの著しい上昇は運動強度に対応して解糖反応の促進や循環器系の調節を行う一方、 $\beta$ -エンドルフィンの上昇した血中濃度を維持するように働くと思われる。このような運動によるカテコールアミン及び  $\beta$ -エンドルフィンの血中濃度の上昇が視床下部や下垂体に何らかの作用をし LH 放出促進ホルモンの分泌抑制やプロラクチンの分泌促進を引き起こし、排卵障害を誘発するのではないかと考えられる。しかしながら、これらホルモンの分泌機構や相互の作用関係は今だ充分明らかとなったわけではない。慢性的運動による月経障害がこれらのホルモンの一過性の分泌増進の蓄積によるものであるとすれば、上記の機構や作用関係の解析が今度の研究課題となろう。

## ま と め

東京女子体育大学バレー部学生 28 名の B B T の 2～3 年間の長期記録に於いて全月経回数の 80% が単相型 B B T で、これら部員に多数の無排卵性月経が起きていることが認められた。この成因を探索する目的で最大運動負荷時の性ホルモン及び関連ホルモンの血中濃度の変動を測定した。その結果、プロラクチン・アドレナリン・ノルアドレナリン及び  $\beta$ -エンドルフィンの著しい一過性の上昇が認められた。これらのホルモンの分泌の上昇の蓄積が、これら部員の月経異常の発生に関係しているのではないかと推論された。

## 文 献

- 1) 伊藤鋌夫：女子体育大学運動部員の血中性ホルモン濃度について，東京女子体育大学紀要 20号，214 - 218. 1985.
- 2) 金谷庄蔵，その他：定量的漸増運動負荷中及び回復期における血中カテコールアミン・血清カリウム・脂質及び血糖の動態（第2報），健康科学，8，35 - 41，1986.
- 3) A. Bonen et al.: Athletic menstrual cycle irregularity: Endocrine response to exercise and training, Physician Sportsmedicine, 21, 3: 78 - 94, 1984.
- 4) T. W. Boyden et al.: Prolactin responses, menstrual cycles, and body composition of women runners, J. C. E. & M. 54, 4: 711 - 714, 1982.
- 5) M. Shangold et al.: Acute effects of exercise on plasma concentrations of prolactin and testosterone in recreational women runners, Fertil. Steril. 35, 6: 699 - 702, 1981.
- 6) R. W. Hale et al.: The immediate effect on female runners' luteinizing hormone, follicle-stimulating hormone, prolactin, testosterone, and cortisol levels. Am. J. Obstet. & Gynecol., 146, 5: 550 - 556, 1983.
- 7) 目崎登，その他：月経周期と運動負荷における呼吸・循環器系応答，日本産科婦人科学会雑誌，38，1: 1 - 9，1986.
- 8) J. B. Russell: The relationship of exercise to anovulatory cycles in female athletes: Hormonal and physical characteristics, Obstet. & Gynecol., 63, 4: 452 - 456, 1984.

（本学の昭和61年度個人研究費Bによる研究）