

性周期に伴なう筋持久力の変動

国際武道大学 佐藤 みどり
(共同研究者) 同 成澤 三雄

Effect of the Menstrual Cycle on Muscular Endurance

by

Midori Sato, Mitsuo Narusawa
The International Budo University

ABSTRACT

The purpose of this report is to study the effect of menstrual cycle on muscular functions. The subjects were five female students with a history of regular menstrual cycles. The isometric maximum strength the force-velocity relations, and the number of contraction (muscular endurance) with load of $\frac{1}{3}$ maximum strength of each subjects, of the elbow extension and flexion were determined during the follicular and luteal phases of their cycle.

The following results were obtained;

- 1) The isometric maximum strength of the elbow extension and flexion did not change follicular and luteal phases.
- 2) The velocity of the elbow extension under without load condition, the follicular phase was significantly faster than luteal phase.
- 3) The number of contraction of the elbow flexion was higher in luteal phase than in follicular phase, and the muscular endurance of the elbow extension was higher in difference were not significant.

These studies suggest that the menstrual cycle influences muscular function.

要 旨

月経周期と筋機能との関係を明らかにする目的で測定実験を行なった。被検者は、正常な月経周

期を持つ女子学生5名である。

肘関節屈曲・伸展運動における等尺性最大筋力、荷重—速度関係、 $\frac{1}{3}$ Max. における作業回数を、卵胞期と黄体期にそれぞれ測定した。

その結果

1. 等尺性最大筋力は、屈曲、伸展運動ともに、卵胞期、黄体期の間に有意な差はみられなかった。

2. 荷重—速度関係においては、屈曲、伸展運動の荷重ゼロの条件下で、卵胞期で黄体期より速度が速くなり、伸展運動では有意な差が認められた。

3. 荷重 $\frac{1}{3}$ Max. で行なった屈曲運動・伸展運動の作業回数は、屈曲運動では卵胞期で、伸展運動では黄体期に作業回数が多くなった。しかし有意な差は認められなかった。

これらのことから月経周期は筋機能に影響を及ぼしていることが示唆された。

緒 言

第二次性徴発現以後の女子では性周期が発現し、排卵や月経が一定の周期でくり返される。性周期は性腺刺激ホルモンあるいは女性ホルモンの周期的変化により調節されている。性周期の発現に関係している卵巣のホルモンであるエストロゲンやプロジェステロンは卵胞の発育、子宮内膜の腫張、乳腺胞の発育など妊娠やその維持に関係する器官のみではなく、他の臓器、組織にも種々の影響を及ぼす。たとえば、赤血球の新生を抑

制する¹²⁾ため女性では男性に比較し赤血球数が少ない。また、糖・脂質代謝にも影響を及ぼし、血中の糖・脂質濃度を変動させる^{6,8)}とともに、皮下脂肪の蓄積を促進し、体脂肪量の周期的な変動を生じさせる⁷⁾。

骨格筋にもこれらのホルモンの影響は及んでおり、とくに腹筋で顕著であるとされている。腹筋の筋緊張は月経周期に伴ない変化⁴⁾、この筋緊張の変化が背筋力や腹筋力にも影響し、両筋力は黄体期で低くなる¹³⁾。また、上腕三頭筋も女性ホルモンの影響を受け、卵胞期で筋緊張が増す⁴⁾。

さらに、月経前には筋力の低下を訴える女性もおり¹⁰⁾、バスケットボール選手などではパスやシュートの際力が入らず、疲労も早期に現われると感じている女性もいる。

そこで、上肢の筋でも女性ホルモンの影響を受けるか否かにつき、前腕の屈曲、伸展動作に働く筋の最大筋力、荷重—速度関係さらには筋持久力と月経周期との関係につき検討した。

1. 被検者および実験方法

被検者は健康な女子学生で規則的な月経周期を有する5名とした。5名ともに月経中生理痛など種々の訴えがあった(表1)。しかし、月経後1週間は体調が比較的良好と全員が解答した。

表1 被検者の身体特性と月経前・中期の自覚症状

Subject	Age (yrs)	Height (cm)	Weight (kg)	自 覚 症 状	
				月 経 前	月 経 中
C. A.	22	153.0	50.0	(7日前) 胸が張る 腰部、腹部のむくみ	生理痛(1~3日目) 腰痛、下痢、食欲不振、だるさ
S. I.	22	167.0	57.0	(2~3日前) 胸が張る 腹痛(下腹部)	生理痛(1~2日目) 腹痛(激痛)、食欲不振、吐き 気、下痢
R. S.	22	152.5	48.0	(7日前) 胸が張る 腰痛	生理痛(2~3日目) 腹痛、腰のだるさ
C. S.	19	154.0	49.0	(1日前) 胸が張る 腰痛、むくみ	生理痛(2日目) 腹痛、腰痛、食欲不振
K. N.	21	153.0	46.0	(5日前) 胸が張る 腹痛、熱っぽい	生理痛(1~2日目) 腹痛、腰痛、下痢、眠気、大腿 部に軽いしびれ

まず、この5名の被検者の基礎体温を測定することにより排卵日を推定した。そして、実験は、卵胞期としてはエストロゲン分泌量が多くなると思われる時期を考え排卵前2日に、そして、黄体期としては筋力低下の訴えが多くなるとされている月経前2日にそれぞれの測定を行なった。

なお、測定は腕エルゴメータを用い、肘関節角度90度における屈曲、伸展等尺性最大筋力、そしてその筋力の $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{3}$, $\frac{1}{4}$ の荷重および負荷ゼロでの荷重—速度関係を測定した。測定はそれぞれ3回行ない、最高値をもってその測定値とした。また、屈曲、伸展速度は滑車の軸に装着したゴニオメータを用い、角変位—時間曲線を記録し、それより力が作用する手首の線速度として算出した。

さらに、最初の測定で得られた等尺性最大筋力の $\frac{1}{3}$ の荷重で屈曲および伸展の作業を1秒間に1回のテンポで疲労するまで行なわせ、その回数を測定した。なお、作業回数の測定は卵胞期、黄体期ともに同一負荷条件で行なった。また、荷重—速度関係と作業回数の測定での可動範囲は150度から70度とした。

以上の測定を卵胞期、黄体期ともに各測定間に十分な休養をはさみながら1日で終了させた。また、測定順序、例えば卵胞期と黄体期、屈曲と伸展等に関してはとくに一定させずに行なった。

2. 結 果

2.1 月経周期と等尺性最大筋力

卵胞期と黄体期それぞれで測定した肘関節角度90度での屈曲、伸展等尺性最大筋力を表2に示した。

屈曲、伸展力共に被検者5名の平均値は卵胞期で19.90kgと12.26kgとなり、黄体期では19.28kgと12.40kgであり差は認められなかった。また個人間の変動を比較しても一定の傾向はみいだせなかった。

2.2 月経周期と荷重—速度関係

卵胞期と黄体期でそれぞれ測定した等尺性最大筋力の $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{3}$, $\frac{1}{4}$ 荷重および荷重ゼロで肘関節の屈曲および伸展運動を最大努力で行なわせ、それぞれの条件での荷重—速度関係を測定した結果を表3に示した。

肘関節伸展運動の荷重ゼロでの条件において被検者5名の速度の平均値は卵胞期で2.19m/sec、黄体期で2.02m/secとなり、有意な差 ($p < 0.05$) が認められた。

屈曲運動においても荷重ゼロの条件で速度が卵胞期で2.00m/sec、黄体期で1.86m/secと卵胞期に速くなる傾向を示したが、有意な差は認められなかった。

その他の荷重条件では両期で屈曲、伸展運動と

表2 卵胞期と黄体期での肘関節伸展、屈曲最大筋力

subject	Extention strength (kg)		Flexion strength (kg)	
	Follicular phase	Luteal phase	Follicular phase	Luteal phase
C. A.	14.1	14.5	19.0	21.9
S. I.	9.6	11.2	20.9	17.8
R. S.	13.1	13.3	21.9	20.5
C. S.	11.8	11.2	18.6	19.1
K. N.	12.7	11.8	19.1	17.1
Mean	12.26	12.40	19.90	19.28
SD	1.52	1.30	1.28	1.75

表3 卵胞期と黄体期における肘関節伸展, 屈曲運動の荷重—速度関係

Extention								
subject	Follicular phase				Luteal phase			
	0	1/4 Max.	1/3 Max.	1/2 Max.	0	1/4 Max.	1/3 Max.	1/2 Max.
	(m/sec)	(m/sec)	(m/sec)	(m/sec)	(m/sec)	(m/sec)	(m/sec)	(m/sec)
C. A.	2.36	1.70	1.41	0.92	2.38	1.75	1.64	1.25
S. I.	2.09	1.54	1.36	0.97	1.95	1.40	1.34	1.03
R. S.	2.38	1.37	1.26	0.81	2.09	1.66	1.19	0.91
C. S.	2.03	1.58	1.39	1.12	1.79	1.43	1.33	1.18
K. N.	2.10	1.58	1.39	1.12	1.79	1.62	1.37	1.07
Mean	2.19	1.55	1.35	1.00	2.02*	1.57	1.37	1.09
SD	0.15	0.11	0.05	1.13	0.20	0.12	0.15	0.11

Flexion								
subject	Follicular phase				Luteal phase			
	0	1/4 Max.	1/3 Max.	1/2 Max.	0	1/4 Max.	1/3 Max.	1/2 Max.
	(m/sec)	(m/sec)	(m/sec)	(m/sec)	(m/sec)	(m/sec)	(m/sec)	(m/sec)
C. A.	2.15	1.52	1.08	0.87	1.88	1.28	1.12	0.60
S. I.	2.12	1.21	1.02	0.65	1.99	1.25	1.07	0.69
R. S.	1.88	1.36	1.05	0.75	1.88	1.36	1.04	0.68
C. S.	1.69	1.17	0.90	0.60	1.92	1.25	1.11	0.64
K. N.	2.15	1.29	1.19	0.72	1.65	1.30	1.17	0.77
Mean	2.00	1.31	1.05	0.72	1.86	1.29	1.10	0.68
SD	0.18	0.12	0.09	0.09	0.11	0.04	0.04	0.06

* p<0.05

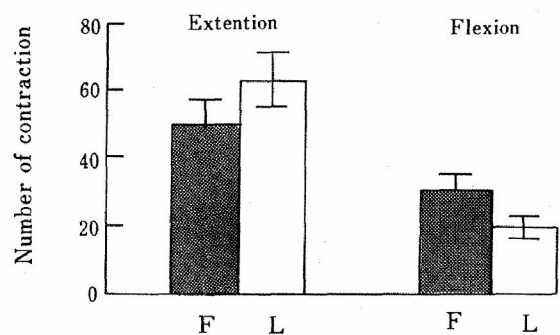
* significantly different from 0 load of follicular phase. (p<0.05)

もに速度に差は認められなかった。

2.3 月経周期と作業回数

肘関節の屈曲および伸展運動を同一荷重（最初の測定で得られた等尺性最大筋力の1/3）で指定した可動範囲で行なわせ、その回数を卵胞期と黄体期でそれぞれ測定した。その結果を図1に示したが、伸展運動では黄体期で作業回数の平均が63.4回であり、卵胞期での平均49.8回よりも多かった。この傾向は被検者5名中3名にみられたが、両期の間には有意な差は認められなかった。

一方、屈曲運動では卵胞期で平均作業回数が30.8回と黄体期での平均20.2回より多くなり、伸展運動とは逆の成績であった。しかし被検者全員が卵胞期で黄体期より多くの作業回数となった



(F: 卵胞期, L: 黄体期)

図1 肘関節伸展, 屈曲運動における作業回数の卵胞期と黄体期での比較

が、両期の間には有意な差は認められなかった。

また表4には、負荷重量がそれぞれの時期で測定した等尺性最大筋力の何%に相当するかについても示した。しかし、その割合が増している場合

表4 卵胞期と黄体期での肘関節伸展, 屈曲最大筋力, 作業回数
および相対負荷強度

Extention						
subject	Follicular phase			Luteal phase		
	Max. (kg)	Number of contraction	Load (%Max.)	Max. (kg)	Number of contraction	Load (%Max.)
C. A.	14.1	33	31.6	14.5	65	30.6
S. I.	9.6	62	30.1	11.2	90	26.8
R. S.	13.1	45	34.9	13.3	41	34.4
C. S.	11.8	38	34.1	11.2	53	36.0
K. N.	12.7	71	31.6	11.8	68	34.0
Mean	12.26	49.8	32.67	12.40	63.4	32.36
SD	1.52	14.4	1.92	1.30	16.4	3.29

Flexion						
subject	Follicular phase			Luteal phase		
	Max. (kg)	Number of contraction	Load (%Max.)	Max. (kg)	Number of contraction	Load (%Max.)
C. A.	19.0	33	37.6	21.9	30	32.6
S. I.	20.9	20	31.9	17.8	19	37.4
R. S.	21.9	28	35.1	20.5	13	37.5
C. S.	18.6	27	34.0	19.1	23	33.1
K. N.	19.1	46	28.1	17.1	16	31.4
Mean	19.90	30.8	34.65	19.28	20.2	34.40
SD	1.28	8.7	2.05	1.75	5.9	2.55

に必ずしも作業回数が少なくはなっておらず, 作業回数が相対負荷強度の変化に伴ない増減したとは必ずしも考えられない結果であった。

3. 考 察

メスラットを去勢しエストロジェン投与により, 血中濃度を発情前期のレベルにまで上昇させておくと, 正常メスラットに比べヒラメ筋と長指伸筋の筋収縮張力および節断面積の低下が起こる。この変化はタイプ II_A, II_B 線維の直径が細くなるのが原因している¹¹⁾。また, ヒト上腕三頭筋では卵胞期で筋緊張が増すと報告されている⁴⁾。

そこで5名の正常な月経周期を有する女性の肘関節伸展および屈曲動作の等尺性最大筋力を卵胞期と黄体期で測定したところ, 月経周期による変

動は認められなかった。ヒト上肢筋では女性ホルモンの血中濃度が生理的範囲内で, しかも短期間で変化する場合には, 筋線維直径の変化に女性ホルモンの影響が現われにくいと考えられる。しかし, メスモルモットの側頭筋ではタイプ II_A と II_B 線維の直径が成長に伴ない, オスラットの筋線維直径に比べ増加しない⁵⁾ ことから, 女性ホルモンの長期にわたる影響はあると考えられる。ヒト上腕屈筋群の断面積でも性差が認められている。しかし, 単位断面積当りの筋力には性差はない²⁾。

また, 種々の荷重負荷により肘関節の伸展, 屈曲運動について, 荷重—速度関係を測定した結果, 荷重ゼロの条件において, 両運動ともに卵胞期で黄体期より速度が速かった。そして, 伸展運動ではその差が有意であった。すなわち, プロジェステロンは神経筋単位の発射活動を抑制し, エ

ストロージェンは、促進する⁴⁾ことが関係したと考えられる。小野と柳本⁹⁾は女子剣道選手で打撃反応時間が月経期で遅延する傾向にあったことを報告している。これらのことから、軽い負荷での筋収縮は神経系を介して女性ホルモンの影響を受けていると考えられる。

さらに、筋持久力の指標として作業回数を測定したが、肘関節の伸展運動では卵胞期より黄体期で、逆に屈曲運動では黄体期より卵胞期で作業回数が増える傾向にあった。正常な月経周期を有する女性では、黄体期に血中脂質濃度が高くなる傾向にあり¹⁾、皮下脂肪の蓄積も起こる傾向にある⁷⁾。このことは性周期に伴ない脂質代謝が変動することを示すものであり、それにより持続的な能力も影響を受ける考えられる。しかし、肘関節の伸展と屈曲運動においてはその成績が卵胞期と黄体期で逆転している。女性ホルモンの影響を強く受けるモルモット側頭筋ではメスのタイプⅡA、ⅡB線維でオスよりも酸化酵素活性が高い⁸⁾。したがって、酸化酵素活性の変動が作業回数に関係したとも考えられる。しかし、ヒト上腕二頭筋と上腕三頭筋ではタイプⅠとタイプⅡ線維の割合が同程度である³⁾ことから考えると、両筋ともに同じ時期に変化が生じてよいと思われる。しかしながら、上腕二頭筋では性周期に伴ない筋緊張の変化がみられることから、支配神経さらには筋細胞のホルモンレセプターの問題が関係する可能性もあり、さらに検討する必要がある。

いずれにしても、女性では性周期に伴ない筋の機能に変動がみられたことは、個人によっては大きな変動を示す可能性もあり、運動を行なう際にはこれらのことを考慮する必要があると考える。

ま と め

月経周期と上肢の筋機能との関係を明らかにするため、女子学生5名を対象に卵胞期と黄体期に測定実験を行なった。

腕エルゴメータを用い、肘関節屈曲および伸展運動における等尺性最大筋力、荷重—速度関係、作業回数を測定した。その結果、

1. 等尺性最大筋力は、屈曲、伸展運動ともに、卵胞期、黄体期の間には有意な差はみられなかった。

2. 荷重—速度関係においては、屈曲・伸展運動の荷重ゼロの条件下で、卵胞期で黄体期より速度が速くなり、伸展運動では有意な差が認められた。

3. 荷重 $\frac{1}{3}$ Max. で行なった屈曲運動、伸展運動の作業回数は、屈曲運動では卵胞期で、伸展運動では黄体期に作業回数が増えた。しかし両者ともに有意な差は認められなかった。

以上のことから、女性においては筋の収縮速度および筋持久力は、性周期により何らかの影響を受けていると考えた。

文 献

- 1) 星 秋夫, 喜多尚武, 荒尾 孝, 青木和江, 後藤芳雄, 松田一如, 堤 達也; 漸増運動における女性ホルモンと血中基質の変動に及ぼす性周期の位相による影響, 体力研究, 58: 24—35 (1984)
- 2) Ikai, M., and Fukunaga, T.: Calculation of muscle strength per unit cross-sectional area of human muscle by means of ultrasonic measurement. *Int. Z. Angew. Physiol. Einsch. Arbeitsphysiol.*, 26: 26—32 (1968)
- 3) Jonson, M.A., Polgar, J., Weightman, D., and Appleton, D.; Data on the distribution of fibre types in thirty-six human muscles an autopsy study. *J. Neurol. Sci.*, 18: 111—129 (1973)
- 4) 川上正澄; 性ホルモンと骨格筋, 協同医書出版社, 東京, pp 3—18 (1962)
- 5) Kelly, A., Lyons, G., Gambki, B., and Rubinstein, N.; Influences of testosterone on contractile proteins of the quinea pig temporalis muscle. *Advances in expression in muscle*, Edited by Richard C. Strohman and Stewart Wolf, Plenum press, New York p 155—168 (1985)

- 6) Kim, H.J., and Kalkhoff, R.K.: Changes in lipoprotein composition during the menstrual cycle. *Metabolism*, **28**: 663—668 (1979)
- 7) 栗田有己子, 池田修子; 性周期に伴なう体脂肪量の変動 (未発表資料)
- 8) 松田正二; 性周期と代謝, 産婦人科治療, **13**: 672—679 (1966)
- 9) 小野三嗣, 柳本昭人; 剣道鍛練が女子の生体機能に及ぼす影響について, 体力科学, **23**: 39—44 (1974)
- 10) P.V. カルポビッチ著, 猪飼道夫, 石河利寛訳; 運動の生理学, ベースボールマガジン社, 東京, pp 36—37 (1963)
- 11) Suzuki, S., and Yamamoto, T.: Long-term effects of estrogen on rat skeletal muscle. *Exper. Neurol.*, **87**: 291—299 (1985)
- 12) 山川 純; 性ホルモンのマウスの機能におよぼす影響—マウスの去勢実験から—, 体育の科学, **31**: 29—33 (1981)
- 13) 山川 純; 女性とスポーツ, スポーツ医学 (石河, 松井編) 杏林書院, 東京, pp 179—181 (1964)