

Title	長時間の強制運動が雌ラットの性周期に及ぼす影響：長期間の場合
Sub Title	Effect of long-term exercise on the estrous cycles in female rats
Author	篠原, しげ子(Shinohara, Shigeko)
Publisher	慶應義塾大学体育研究所
Publication year	1988
Jtitle	体育研究所紀要 (Bulletin of the institute of physical education, Keio university). Vol.28, No.1 (1988. 12) ,p.83- 90
JaLC DOI	
Abstract	
Notes	
Genre	Departmental Bulletin Paper
URL	https://koara.lib.keio.ac.jp/xoonips/modules/xoonips/detail.php?koara_id=AN00135710-00280001-0083

慶應義塾大学学術情報リポジトリ(KOARA)に掲載されているコンテンツの著作権は、それぞれの著作者、学会または出版社/発行者に帰属し、その権利は著作権法によって保護されています。引用にあたっては、著作権法を遵守してご利用ください。

The copyrights of content available on the Keio Associated Repository of Academic resources (KOARA) belong to the respective authors, academic societies, or publishers/issuers, and these rights are protected by the Japanese Copyright Act. When quoting the content, please follow the Japanese copyright act.

長時間の強制運動が雌ラットの性周期に及ぼす影響

—長期間の場合—

篠原しげ子*

- I. はじめに
- II. 実験方法
- III. 結果
- IV. 考察
- V. まとめ

I. はじめに

運動選手と月経障害の関係についての研究が最近進められている。運動選手の無月経症又は希発性月経症は体脂肪量と密接な関連がみられるという報告がある一方で、Charlotte⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾らは体脂肪量との関連は少ないと報告している。運動選手では初潮年齢がおくれるという報告がある。⁽⁴⁾ Sinning⁽⁵⁾⁽⁶⁾⁽⁷⁾⁽⁸⁾⁽⁹⁾らは初潮年齢のおくれは運動を開始した年齢と深い関連をもち、運動の種類によって月経障害の発症に差があることを報告している。運動はエストロゲン投与なしでも閉経後の骨消失を防いだり、回復したりすることが知られている一方で、Lindberg⁽¹⁰⁾らは無月経ランナーの骨密度は正常月経ランナーや正常月経コントロールより少ないと報告している。運動という同じ負荷でも生じる影響が異なるのはそれを受けとめる方の個体差もあるだろうし、運動の種類や強度も関係してくるものと思われる。今回は比較的短期間の強制運動を行わせた結果について報告したが、今回は5週間の比較的長期間の強制運動を行わせ、性周期の変化を検討した結果について報告する。

II. 実験方法

1. 実験動物の飼育条件

10週令の Wistar 系雌ラットを金網ケージに五匹ずつ分けて飼育した。運動負荷する時間が

* 慶應義塾大学体育研究所専任講師

長時間の強制運動が雌ラットの性周期に及ぼす影響

ラットの活動時間帯になるように、7:00~19:00 (暗) の昼夜逆転の照明を施し、室温は23 ± 1 °Cを保った。エサと水は自由摂取とした。

2. 性周期の判定

ラットの性周期は **Voginal smear** にて判定した。**Voginal smear** は小型のスポイトに少量の水をとり、スポイトの先端を腔内に挿入して水の吐出、吸引を2~3回繰り返す、この水をスポイト内に回収しスライドガラス上にスポットした。この塗沫を乾燥後ギムザ液で染色し、顕微鏡で100倍で観察した。

性周期は三つに区分した。

- (1) 発情前期 (proestrus) ……主として有核上皮細胞がある。
- (2) 発情期 (estrus) ……主として角化上皮細胞がある。
- (3) 発情休止期 (diestrus) ……白血球の存在が認められる。

この三つの期を約4日の周期(発情前期と発情期が1日ずつ、発情休止期が2日)で規則正しくくり返すラットを用いた。**smear test** は毎日午前中に観察した。

3. 運動負荷条件

規則正しい性周期を示すラットをコントロール群(20匹)と運動群(28匹)に分けた。運動群はトレッドミル走に慣された後で、 $30\text{m} \cdot \text{min}^{-1}$, $45\text{min} \cdot \text{day}^{-1}$, $5\text{d} \cdot \text{week}^{-1}$ のトレッドミル走を5週間行わせた。実験開始6週間後の発情休止期でコントロール群から10匹、運動群から10匹を屠殺し臓器を採取した。前夜からの絶食後エテール麻酔を施し、腹部大動脈から採血し、卵巣、子宮、後肢筋肉を採取した。残りのラットについては、その後10日間 **smear test** を行い、性周期の回復の状態を観察した。コントロール群は同一飼育条件で飼育し、ケージ内で動きまわる以外の運動はさせなかった。

実験のプロトコールを図1に示した。

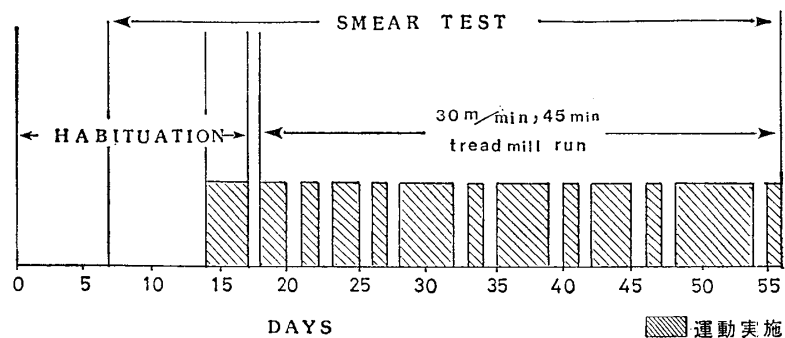


図1 実験のプロトコール

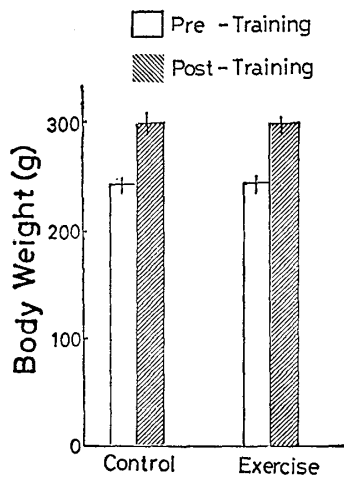


図2 コントロール群と運動群の体重の比較

III. 結 果

1. 体重の変化

実験開始時と終了時の体重には、コントロール群と運動群の間に有意差は認められなかった(図2)。

2. smear test による性周期の変化

5週間の性周期の変化はコントロール群では全期間を通じてほぼ規則正しい周期を示した(図3)。運動群28匹の全例を性周期の変化のしかたで3つのタイプに分けられた。

タイプI……性周期の乱が少ないタイプ。28例中の11例がこれに当てはまった(図4)。

タイプII……発情休止期(D)がやや長くなり、最長5~7日程度連続するために1周期に要する日数が多くなるタイプで、28例中8例が該当した。

タイプIII……D期が10日程度連続するタイプで、28例中9例が該当した。

タイプIIやタイプIIIのように1周期以上発情休止が連続して表われ、発情期が認められず性周期のない状態になったラットでも途中から周期の回復が見られるものもあった。

この3つのタイプ別の発情休止期(D)を示した日数について平均値をくらべてみるとコントロール群に比べてタイプIを除く運動群でD期を示す日数が多く有意差が認められた(図5)。

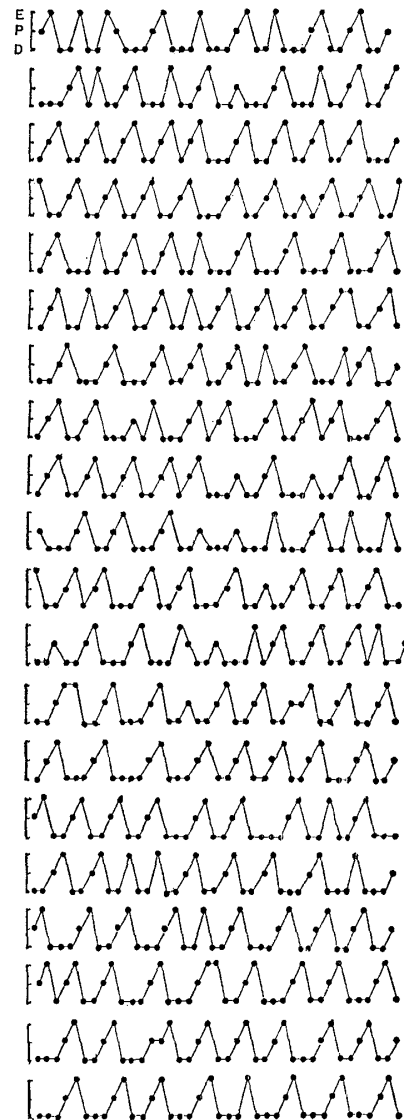


図3 コントロール群20匹の性周期の変化

E = 発情期, P = 発情前期,
D = 発情休止期

長時間の強制運動が雌ラットの性周期に及ぼす影響

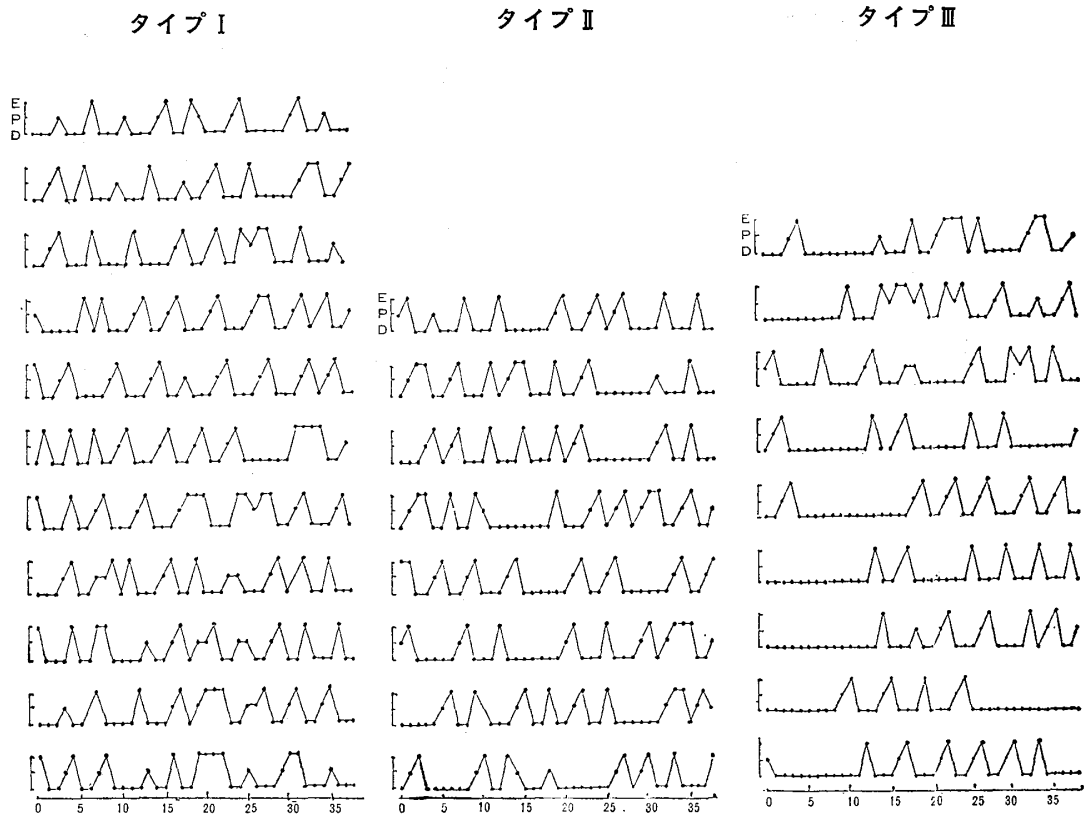


図4 運動群の性周期の変化

発情期を示した日から次の発情期までを1性周期として5週間の実験中の性周期の数をコントロール群と各タイプ別に比較すると、コントロール群に比べて全てのタイプで有意に性周期の減少がみられた(図6)。

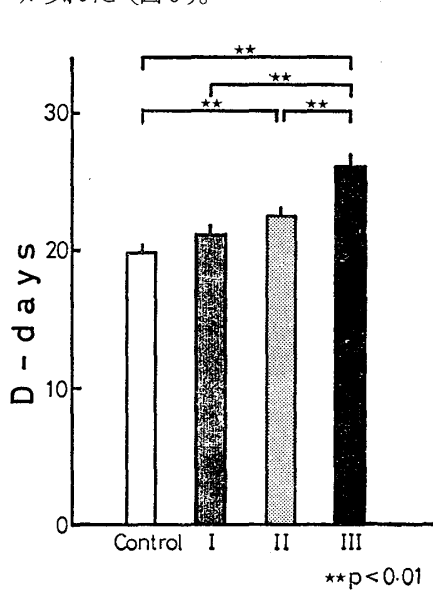


図5 コントロール群および運動群のタイプ別ごとのD期を示した日数

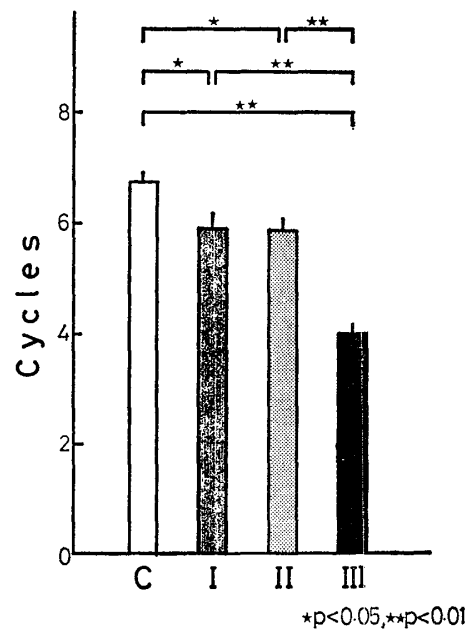


図6 発情期を示した日数の比較

3. 臓器重量と筋肉重量

運動群でD期が延長し性周期の数が少なくなる現象をもたらす原因をさぐるために、運動群で性周期の乱れを示したラットを主にして10匹とコントロール群10匹をD期で屠殺し、臓器重量を比較すると、子宮、卵巣ともに運動群が軽く、コントロール群の方が重い傾向を示したが、有意差は認められなかった。副腎と肝臓は運動群が重く、副腎については有意差が認められた(図7)。

実験後屠殺せずに残されたラットについて、ひき続き smear test を実施した結果、10日目頃までにはほぼ周期を回復した。その後2カ月置いて、更に強度を上げて、 $35\text{m} \cdot \text{min}^{-1}$, 1.5h ・

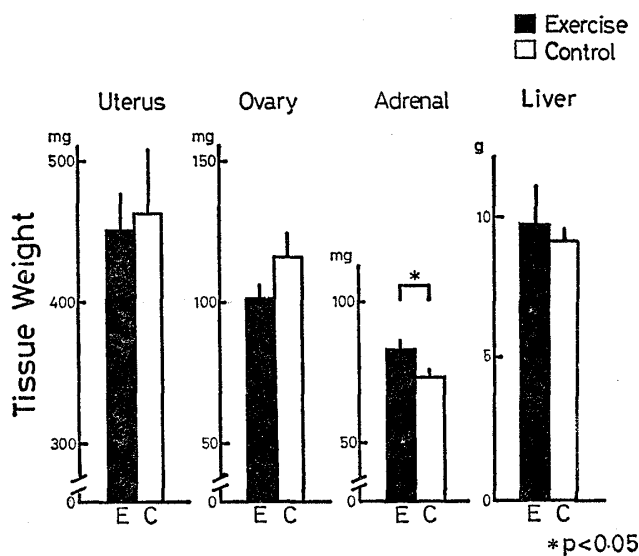


図7 発情休止期での臓器重量の比較

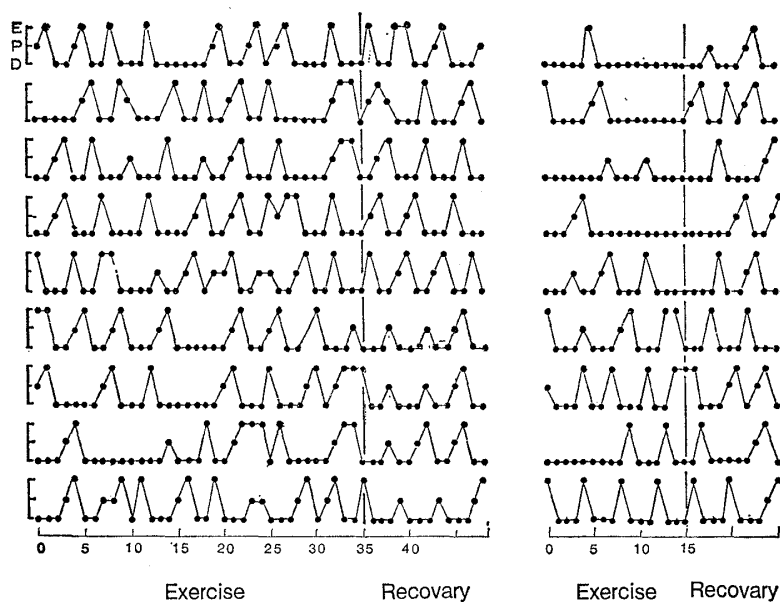


図8 運動群の回復期及び再運動時と回復期の性周期の変化

長時間の強制運動が雌ラットの性周期に及ぼす影響

day⁻¹ のトレッドミル走を16日間行わせた結果、先の実験中は比較的周期の乱れのなかったラットも、更に強度を上げた運動では、D期が連続して表われる例が9例中6例と高い比率でみられた。これらのラットの回復についてみると10日目には周期がみられるようになった(図8)。

IV. 考 察

運動がラットの体重に及ぼす影響は、コントロール群と運動群の体重に有意な差が認められないという報告と運動群の方が体重増が少ないとの報告がある。本実験の結果は前回報告した⁽¹²⁾ 短期間の運動と同様、長期間にわたる強制運動においても、運動群とコントロール群の間に差が認められなかった。Erich⁽¹³⁾ らでは生後15日目から運動を行わせているのに対し、本実験では10週齢から始めているので、運動の開始の時期の問題も考えられる。また雄ラットにおいては運動開始1週目からコントロール群との間に体重の有意差が認められ、運動群ではエサの摂取量が落ちるが、本実験でコントロール群と運動群のエサの摂取量を計測したところ、運動群の方がコントロール群より1匹当り 1.3g/day 多く摂取していた。雌ラットの場合、運動により食欲が増進し体重が維持されるらしい。

長時間の強制運動を長期間行わせての性周期の変化は、三つのタイプに分けられたが、短期間の強制運動の場合と同様に発情休止期の延長がみられた。途中周期をなくし発情休止期が連続してみられたラットでもその後周期を回復する例がみられることから、この性周期の変化する現象は器質的な原因からではなく、機能的な変化によるものと思われる。この機能的変化をおこす原因として、何らかのホルモンの影響が考えられるが、今回の実験からは明確にはできない。しかし膈上皮細胞が角化を示す発情期の日数が少なくなることからエストロゲン濃度の上がらないことが推定され、卵胞の発育の不全と排卵の欠如が考えられる。

解剖せずに残されたラットの性周期の回復をみると、10~12日の間に正常周期を回復した。これらのラットを実験の影響を完全に除くために2ヶ月間コントロール群と同じ条件で飼育した後、更に強度を上げて毎分 35m で1.5時間のトレッドミル走を15日間行わせると、前の運動負荷では比較的性周期の乱れの少なかったラットでもD期の延長が見られたことから、運動の強度、継続時間も性周期の乱れの原因の一つであると考えられる。これらのラットの性周期も運動負荷終了後10日目頃までにはほぼ性周期を回復したように思われる。

運動が雌ラットの臓器重量に及ぼす影響は前回の報告と同様で、運動群の方が卵巣、子宮の重量が軽い傾向が見られたが、有意差は認められなかった。Asahina⁽¹⁴⁾ らや Chandra⁽¹⁵⁾ らも運動群での卵巣の萎縮、卵胞の退化、黄体の萎縮を報告しているが、同じ傾向を示したものと思われる。本実験では比較的、卵巣やホルモン動態に変化の少ない発情休止期で採取しているために、

長時間の強制運動が雌ラットの性周期に及ぼす影響

コントロール群との有意差がみられなかったのかも知れない。副腎重量については、Selye⁽¹⁶⁾は運動で卵巣が萎縮し、副腎が重くなることを報告している。この時、卵巣の間質細胞は黄体形成ホルモン(LH)の欠乏の症候を示していたことから、LHの産生が低いために下垂体の反応が減少したか、LH分泌を押えるような要因が働いているのではないかと考えられる。また萎縮した卵巣の働きをカバーするために副腎が肥大することも考えられるが明確ではない。

V. ま と め

1. 体重の変化

コントロール群と運動群の間に差はみられなかった。運動により食欲が増進し、体重の減少がおこらなかったものと思われる。

2. smear test による性周期の変化

I……変化の少ないタイプ

II……5～7日間D期が連続するタイプ

III……10日間ほどD期が連続するタイプ

の3つに分けられた。いずれのタイプもD期が延長する傾向がみられ、性周期のサイクル数もコントロール群より少なかった。発情前期、発情期へ移行する契機となるエストロゲン濃度が上がらないと考えられる。

3. 臓器重量

子宮・卵巣とも運動群は軽く、コントロール群で重かったが、有意差はなかった。副腎では運動群の方が重く、有意差がみとめられた。

本実験の結果からエストロゲン濃度の関係及び卵胞の発育不全と排卵の欠如が推定される。強制運動が排卵の数にどのような影響を及ぼすかは次回の検討課題としたい。

〔引用文献〕

- (1) Frisch, R. E., G. Wyshak and L. Vincent, Delayed menarche and amenorrhea in ballet dancers. *N. Engl. J. Med.* 303 : 17—19, 1980.
- (2) Schwarz, B., D. C. Cumming, E. Riordan, M. Selge, S. S. C. Yen, and R. W. Rebar, Exercise-associated amenorrhea: a distinct entity? *Am. J. Obstet, Gynecol.* 141 : 662—670, 1981.
- (3) Shangold, M. M. and H. S. Levine, The effect of marathon training upon menstrual function. *Am. J. Obstet, Gynecol.* 143 : 862—869, 1982.
- (4) Charllotte F. S., Bruch H. A., and W. W. Wagner, J. R. Athletic amenorrhea: lack of association with body fat. *Med. Sci. Sports Exerc.* Vol. 19, No. 3 : 207—212, 1987.

長時間の強制運動が雌ラットの性周期に及ぼす影響

- (5) Mallina, R. M. Menarche in athletes: a synthesis and hypothesis. *Annals of Human Biology* 10 (9) : 1—24, 1983.
- (6) Mallina, R. M., Spirduso, W. W., Tate, C. Baylor, A. M. Age at menarche and selected menstrual characteristics in athletes at different competitive levels and in different sports. *Medicine and Science in Sports*. 10 : 218—222, 1978.
- (7) Frisch, R. E., Body fat, menarche, and reproductive ability. *Seminars in Reproductive Endocrinology* 3 : 45—54, 1985.
- (8) Frisch, R. E., Gotz-Wellbergen, A. V., McArthur, J. W., Albright, T., Witsch, J., et al. Delayed menarche and amenorrhea of college athletic in relation to age of onset of training. *Journal of the American Medical Association* 246 : 1559—1563, 1981.
- (9) Frisch, R. E., Wyshak, G., Vincent, I. Delayed menarche and amenorrhea in ballet dancers. *New England Journal of Medicine* 303 : 17—19, 1980.
- (10) Sinning, W. E., Little, K. D., Wilson, J. R. Bowen, B. M. Body composition and menstrual function in women athletes. *Abstract. Medicine and science in Sports and Exercise* 17 : 214—, 1985.
- (11) Lindberg, J. S., Fears, W. B., Hunt, M. M., Powell, M. R. Boll, et al. Exercise-induced amenorrhea and bone density. *Annals of Internal Medicine* 101 : 647—648, 1984.
- (12) Carberg, K. A. and M. J. Fregly, Disruption of estrous cycle in exercise trained rats, *Proceedings of the society for experimental biology and medicine* 179 : 21—24, 1985.
- (13) Erich, W. B., A. L. Peltenbery, J. Minkhorst, B. Vandessel, et al. The influence of physical exercise on growth and sexual maturation in young female rats. *Growth* 49 : 131—140, 1985.
- (14) Asahina K., Kitahara F., Yavronaka M. Influence of excessive exercise on the structure and functions, *Jap. J. Physiol.* 9 : 322—326, 1956.
- (15) Chandra, A. M., Patro, P. B., Chatterjee, P. and Def. C. Effect of long term treadmill running on gonadal activity in female rats. *Endocrinology* 72 : 209—303, 1978.
- (16) Selye, H. The effect of adaptation to various damaging agents on the female sex organs in the rat. *Endocrinology* Vol. 25, 615—624.