

# Steroid 物質處理를 받은 Chinese hamster 細胞에 있어서의 染色體 異常

姜 永 善

(서울대·文理大·動物學科)

## Some Chromosome Alterations in the Cultured Chinese Hamster Cells Treated by Steroids

KANG, Yung Sun

(Dept. of Zoology, Seoul National University)

(1963年 11月 17日 接受)

### SUMMARY

This study is concerned with alterations in chromosomes (numbers and morphology) when the culture of Chinese hamster cells (FAF-28 strain) was treated by steroids, testosterone and DOC.

1. In 200 cells of normal untreated cells as control population the chromosome of stemline was decided as which was contained in 158 cells; that is, in 79 percent of the population. The average chromosome number in above 200 cells observed was calculated as 23.95 with minimum limit at 20 and maximum limit at 70.

2. Many different chromosome numbers, ranging from 19 to 352 were observed in the 200 cells treated by testosterone. The diploid number of 22 showed the peak of variation curve was counted in 71 cells (35.5%) and an average chromosome number of 31.15 was also found.

3. In 200 cells treated by DOC the chromosome number of stemline was 22 which was counted in 74 cells (37%). While all of the chromosome numbers in the 200 cells observed ranged from 20 to 181, an average chromosome number was also found to be 30.09.

4. The chromosome component in the cultured normal FAF-28 cells with 22 diploid chromosomes was as follows: (a) 2 pairs were long and metacentric (LM), (b) 3 pairs were medium length and metacentric (MM), (c) 3 pairs were small and subtelocentric (SS) and (d) 3 pairs were small and metacentric (SM).

5. The twenty cells with 44 chromosomes were selected at random from each cell population treated with testosterone and DOC, so that chromosome idiogram and morphology could be studied. In the twenty cells of the testosterone treated population the average ratio of above four groups, LM: MM: SS: SM, was found to be 8.6:10.8:13.5:10.7. On the other hand, the average ratio in the same number of cells of the DOC treated one was 7.7:11.4:12.5:12.7.

6. The five types of the altered chromosomes morphologically in the hundred cells selected at random from each cell population treated by testosterone and DOC were observed (Type I-V). The thirty-one altered chromosomes were found to be in the testosterone treated cell population and the sixteen in DOC treated.

筆者는 1962년 HeLa 細胞의 HuE strain 에다 testosterone 과 desoxycorticosterone(DOC)를 處理하였을 경우 stemline 染色體數 68인 것이 74로 變換을 觀察한 바 있다. 이에 힌트를 얻어 本 實驗에서는 그와 똑같은 方

法으로 Chinese hamster 細胞를 處理하여 역시 染色體數 및 形態의 變異를 얻었기에 여기 發表하는 바이다. 本 研究에 있어 助言과 便宜를 보아준 D. Stone\* 博士와 G. Yerganian\*\* 博士에 대하여 衷心으로 謝意를 표한다.

\* The Worcester Foundation for Experimental Biology, Shrewsbury, Mass., U.S.A.

\*\* The Children's Cancer Research Foundation, Inc., Boston, Mass., U.S.A.

## 材料와 方法

本實驗에 있어 材料로 사용한 細胞는 培養한 Chinese hamster 의 FAF-28 strain 이며, *Cricetulus griseus* 암컷의 fibroblast-like 細胞에 由來된 것이다. 이 細胞는 미국, 보스톤에 있는 Children's Cancer Research Foundation, Inc. 의 Yerganian 博士 研究室에서 기르고 있던 것이다.

細胞에 대한 steroids 物質의 處理는 Stone (1962)의 方法에 따라 같은 分量으로 했다. 프레파라아트作成은 筆者의 前論文(1962)에 따라 colchicine 處理——低調液 處理——aceto-carmine 染色——squash의 순서에 의하여 만들었다. 染色體의 觀察 및 寫眞作成에는 Leitz 位相差顯微鏡과 MIKAS 顯微接着器를 사용하였다.

## 結果와 論議

### 1. 染色體數

Chinese hamster 의 染色體數는 古典의 方法에 의하여 常染色體 10 쌍과 性染色體 1 쌍( $2n=22$ )으로 構成되어 있다는 사실은 여러 사람에 의하여 확인된 바 있다. (Matthey, 1952; Sachs, 1952; Yerganian, 1952). 또 1956年 Tonomura and Yerganian 은 Chinese hamster 의 培養細

胞의 73%(228/275 細胞)가 정확히 22개의 染色體를 지니고 그 나머지 細胞는 전부 aneuploids (cuploid $\pm 1$ )임을 報告하였다. 최근에 Yerganian and Leonard (1961)는 本實驗의 材料와 동일한 FAF-28 strain 의 細胞에서 stem-line의 染色體數는 역시 22, 그 出現度는 80%, 나머지 20%의 細胞는 aneuploids 라 했다. 또 이와 같은 사실은 bone marrow, regenerating liver, corneal epithelium 에서도 동일하게 밝혀진 바 있다.

本實驗에서 steroids 物質을 받지 않은 對照區의 細胞 200 개를 任意로 택하여 染色體數를 정확하게 셀 뒤 그 數의인 變異曲線을 얻었다(fig. 1). 이에 따라 보면 觀察한 200 細胞 중 158 개는  $2n=22$ 를 유지하고 있어 peak 를 나타낸다(79%).

Table 1. The chromosome numbers of Chinese hamster cells treated by steroids

	Frequency of stemline	Average chro. number	Minimum chro. number	Maximum chro. number
Control	79 %	23.95	20	70
Testosterone	35.5 %	31.15	19	352
DOC	37 %	30.09	20	181

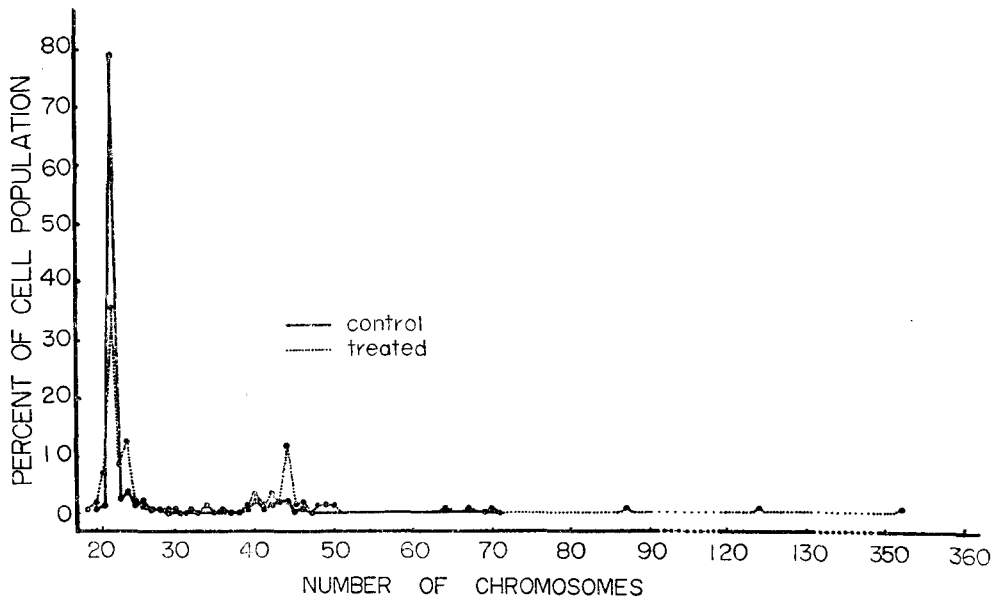


Fig. 1. Number of chromosomes of F/Test. and control cells.

그 밖에 23 개의 染色體를 갖는 細胞(aneuploid)가 25 개(12.5%), 24 개의 染色體를 가지는 것은 1 개(0.5%), 染色體數 44 인 細胞(tetraploid)가 11 개(5.5%)이고, 染色體數 45 이상인 細胞 7 개(3.5%)를 찾아 볼 수 있

다. 觀察한 200 細胞에서의 平均染色體數는 23.95 이며 1 細胞當 最少인 染色體數는 20, 最大인 數는 70 이고, 서로 틀리는 染色體數를 나타내는 細胞의 종류는 8 가지이다(table 1).

한편 testosterone 을 處理한 FAF-28 strain 의 細胞群에서 200 개의 細胞를 역시 任意로 택하여 染色體數를 觀察하였는데 對照區보다 굉장히 넓은 범위로 흩어짐을 發見하였다. 즉 染色體數는 19 에서 352 사이에 놓이게 된다(fig. 1). 그림에서 보는 바와 같이 染色體數 變異曲線의 peak 는 22 이나, 그의 出現度가 對照區에서 보다 훨씬 떨어져서 35.5%에 불과하며, 染色體數 44 인 細胞가 23 개 (11.5%)나 나타난다. 이와 같은 사실은 染色體數가 넓게 흩어져서 stemline 이 희미해진 것을 의미한다. 觀察한 200 개의 細胞의 平均染色體數는 31.15 이며 最少인 染色體數는 19, 最大인 數는 352 가 된다 (table 1). 다음 DOC 處理區에서 역시 200 개의 細胞를

任意로 택하여 染色體數를 觀察하고 變異曲線을 만들어 對照區의 경우와 비교하였다(fig. 2). 變異曲線의 peak 는 染色體數 22 개이지만 겨우 37%의 細胞에서 나타난다. 染色體數 44 를 간직하는 細胞는 21 개 (10.5%)이다. 200 細胞의 平均染色體數는 30.09 이며 最少인 染色體數는 20, 最大인 것은 181 이 되어 역시 對照區보다 染色體數의 큰 變異가 일어나고 있음을 알았다(table 1). 本實驗에서 處理한 2 종류의 steroids, 即 testosterone 과 DOC 의 어느 것이 보다 더 Chinese hamster 細胞의 染色體數變異에 效果의 인가를 斷言하기는 어려우나 table 1 에서 보는 바와 같이 testosterone 쪽이 染色體數變異가 약간 심한 것 같이 느껴진다. 또 本實驗結果는

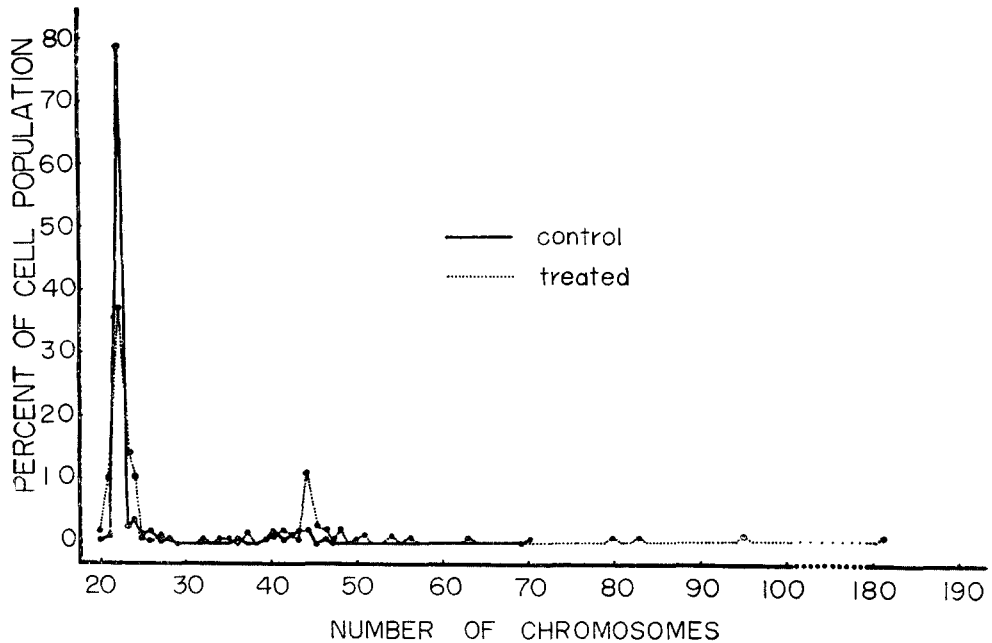


Fig. 2. Number of chromosomes of F/DOC and control cells.

Chinese hamster 細胞에다 free cell extract 를 處理한 경우 (Stone and Kang, 1963) 보다 染色體數가 더 흩어져 있으며 變異曲線에서 2 개의 peak 는 나타나지 않았다. Sinclair and Stroud (1962)는 培養한 Chinese hamster 細胞에다 X-ray 照射를 하여 半數性인 細胞(11 정도) 및 高數性인 것(200 이상)을 상당히 얻었다고 하는데 本實驗에서는 半數性인 細胞는 전혀 나타나지 않았고, 200 개 이상의 染色體를 지니는 高數性인 細胞는 testosterone 處理區에서 단 1 개 나타났다.

2. 染色體 形態

일찍기 Yerganian (1959)은 Chinese hamster 의 染色體를 다음과 같이 分析했다. Chinese hamster 의 染色體

에는 가장 크면서 metacentric 혹은 V 形인 것이 1 쌍 (No. 1)이 있는데 이것은 일찍기 Pontecorvo (1943), Matthey (1952, 1953) 등이 性染色體로 誤認하였던 것이다. 이 밖에 大形 내지 中形이면서 metacentric 인 것 3 쌍 (No. 2, 3, 4), 小形이면서 metacentric 인 것 3 쌍 (No. 5, 6, 7), 한쌍의 비교적 크면서 submetacentric 혹은 J 形인 染色體 (No. 8), 3 쌍의 中形이면서 subtelocentric 혹은 I 形인 것 (No. 9, 10, 11) 등을 합하여 11 쌍 (22 개) 이 된다는 것이다. 그런데 이들 染色體 중에서 No. 8 인 것은 한편 染色體에 명백히 第 2 次收縮環 (secondary constriction)이 보이는데 Yerganian 은 이 染色體를 X 染色體로 인정하고 있다.

그 뒤 Ford *et al.* (1961)도 역시 染色體의 크기와 kinetochore의 位置에 따라 다음과 같이 Chinese hamster의 染色體를 分析했다.

(a) 2쌍의 大形이면서 metacentric인 染色體(No. 1, 2).

(b) 3쌍의 中形이면서 metacentric 혹은 submetacentric인 것(No. 3, 4, 8).

(c) 3쌍의 小形이면서 metacentric인 染色體(No. 5,6,7).

(d) 3쌍의 中形이면서 subtelocentric인 染色體 (No. 9, 10, 11).

이들을 합하면 11쌍(22개)이 된다. 한쌍의 性染色體가 존재하는데 암컷에서는 XX, 수컷에서는 XY의 組合으로 되어 있다.

本 實驗의 對照區에서 觀察한 細胞 중 染色體數 22 (2n)를 나타내는 細胞는 다음과 같은 染色體構成을 하고 있음을 확인하였으며 위에서 설명한 Yerganian, Ford 등의 報告와 대차가 없었다.

(a) 大形이며 metacentric인 것(LM).....2쌍

(b) 中形이며 metacentric인 것(MM).....3쌍

(c) 小形이며 subtelocentric인 것(SS).....3쌍

(d) 小形이며 metacentric인 것(SM).....3쌍

이들 染色體 중에서 中形이면서 metacentric한 染色體 3쌍 중의 제일 큰 한쌍의 것이 X 染色體이다. X 染色體 1개에는 第2次 收縮環이 이루어져 染色體 전체로 2개의 收縮環이 명백히 보인다. 本 實驗에 사용한 材料는 암컷 細胞이기에 性染色體는 1쌍이 다 X 染色體로 되었다. 그러나 수컷의 細胞에는 2개의 性染色體가 XY로 되어 있으며, 이 事實은 이미 Kato and Yerganian (1959)과 Yerganian (1961) 등에 의하여 밝혀졌다. Chinese hamster 細胞의 性染色體에 관하여 일찍이 Pontecorvo (1943)는 精原細胞(spermatogonial compliment)를 材料로 가장 크면서 metacentric인 染色體를 X 染色體라 하였고 Matthey도 찬성을 했다. 한편 Matthey (1951, 1952)는 가장 작은 그들의 染色體가 Y 染色體라고 주장하였다. 그 후 이들의 X 染色體의 觀察은 誤認인 것이며 가장 큰 metacentric인 染色體는 常染色體라는 점이 Kato and Yerganian (1959), Yerganian (1953, 1959, 1961) 등에 의하여 밝혀진 바 되었으며 또 本 實驗에서도 그 점을 확인할 수 있었다.

Steroids (testosterone, DOC) 物質處理를 받은 FAF-28 細胞에서 染色體數 44인 것을 각각 20細胞씩 골라서 그들의 染色體構成을 조사하고 未處理 또는 正常的인 FAF-28 細胞(2n=22)의 染色體와 비교해 보았다. 染色體 44개를 지니는 細胞는 4倍體(tetraploid)라 하겠는데, 그것은 FAF-28 細胞의 染色體 基本數가 11인 때문이다. 만일에 觀察한 染色體 44개를 지니는

實驗區의 細胞가 그 基本數 11의 精確한 4배로 되어 있다고 하면 물론 LM, MM, SS, SM인 染色體의 數比가 순서에 따라 8:12:12:12가 되어야 옳을 것이다. 그러나 조사한 결과는 testosterone 處理區에서 8.6:10.8:

Table 2. The cells with 44 chromosomes from F/Test.

No.	LM	MM	SS	SM	Others	No. of chromosomes
1	8	12	14	9	1	44
2	9	12	11	11	1	"
3	10	11	12	11	—	"
4	9	10	12	11	2	"
5	9	11	13	11	—	"
6	9	11	14	10	—	"
7	9	11	13	10	1	"
8	9	12	11	11	—	"
9	8	13	14	9	—	"
10	8	12	12	12	—	"
11	9	11	13	11	—	"
12	9	8	15	10	2	"
13	8	8	14	14	—	"
14	8	12	14	10	—	"
15	8	12	13	11	—	"
16	8	12	13	11	—	"
17	8	8	17	11	—	"
18	8	9	13	12	2	"
19	9	10	15	10	—	"
20	8	11	16	9	—	"
Average	8.6	10.8	13.5	10.7		"

Table 3. The cells with 44 chromosomes from F/DOC

No.	LM	MM	SS	SM	Others	No. of chromosomes
1	8	12	12	11	1	44
2	8	10	13	12	1	"
3	8	10	13	13	—	"
4	8	11	11	14	—	"
5	7	10	13	14	—	"
6	8	12	12	12	—	"
7	8	12	12	12	—	"
8	7	10	13	13	1	"
9	8	12	12	12	—	"
10	7	12	11	13	1	"
11	7	10	13	14	—	"
12	8	13	11	12	—	"
13	7	12	11	14	—	"
14	8	12	12	12	—	"
15	8	12	12	12	—	"
16	8	11	11	14	—	"
17	8	10	13	13	—	"
18	8	11	13	12	—	"
19	7	13	11	12	1	"
20	8	12	12	12	—	"
Average	7.7	11.4	12.5	12.7		

13.5:10.7(平均), DOC 處理區는 7.7:11.4:12.5:12.7(平均)로 되어, 그 數比가 상당히 달라져 있음을 볼 수 있다(tables 2 and 3).

그러나 steroids 物質處理를 받지 않은 對照區에서 고른 染色體 44 개를 가지는 15 細胞의 染色體構成을 보면 平均해서 LM:MM:SS:SM=8:12.1:11.9:12의 數比를 나타낸다 (table 4). 이들 細胞는 基本數 11=2:3:3:3의 거의 精確한 4배가 될을 알 수 있다. 이와 같은 차이도 역시 steroids 物質處理에서 온다고 하겠다.

Table 4. The 15 cells with 44 chromosomes from control population

No.	LM	MM	SS	SM	Others	No. of chromosomes
1	8	12	12	12		44
2	8	12	13	11		"
3	8	12	12	12		"
4	8	12	12	12		"
5	8	12	12	12		"
6	8	13	11	12		"
7	8	12	12	12		"
8	8	12	12	12		"
9	8	12	12	12		"
10	8	12	12	12		"
11	8	12	11	13		"
12	8	12	12	12		"
13	8	12	12	12		"
14	8	12	12	12		"
15	8	12	12	12		"
Average	8	12.1	11.9	12		



Fig. 3. The types I, IV and V of altered chromosomes morphologically by steroids.

다음에는 steroids 物質處理區의 細胞 100 개씩을 택하여 染色體의 形態의 變異를 조사하였다. 설명을 편리하게 하기 위하여 觀察한 異常染色體를 다음과 같이 5 가지 타입으로 구분한다.

Type I—染色體가 비상이 크며 6 개 이상의 收縮環을 지닌 것 (fig. 3).

Type II—大形인 染色體로 2 개의 subtelocentric 인 收

縮環을 가진 것 (fig. 4).

Type III—metacentric 인 큰 染色體로 收縮環의 자리에서 染色體가 끊어져 두 부분이 상당한 거리로 떨어져 있는 것 (fig. 5).

Type IV—大形인 染色體로 subtelocentric 인 것 (fig. 3).

Type V—大形인 染色體로 2 개의 收縮環을 지니는 것 (fig. 3).

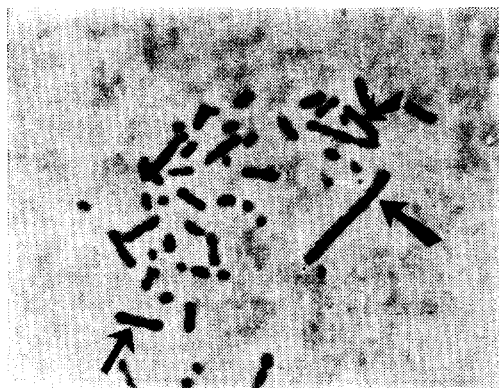


Fig. 4. The type II of altered chromosomes.

Testosterone 處理를 받은 100 개의 細胞를 조사한 결과 31 개의 異常染色體가 다음과 같이 나타났다 (table 5).

DOC 處理를 받은 細胞에도 역시 異常染色體가 나타나며, 觀察한 100 細胞에서 보여준 16 개의 異常染色體는 다음과 같다 (table 6). 그러나 steroid 物質處理를 받지 않은 對照區의 細胞에는 이러한 異常染色體는 없다. 다시 말하면 위의 5 가지 타입의 異常染色體는 正常인 Chinese hamster 細胞의 染色體構成에서는 전혀 찾아볼 수 없다는 것이다. 이들 異常인 染色體는 性染色體에

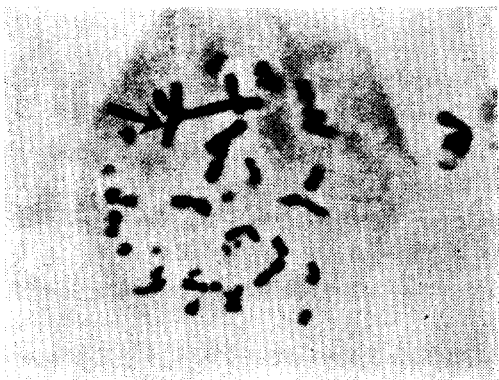


Fig. 5. The type III of altered chromosomes.

Table 5. The number of abnormal cells with altered chromosomes out of hundred cells selected from the testosterone treated group.

Types of altered chromosomes	Number of cells
I	2
II	4
III	5
IV	2
V	15
I & II	2
II & III	1
	31

常染色體的 일부가, 또 常染色體에 다른 染色體의 일부가 轉移(translocation), 重複(duplication)을 해서 이루어진 것이 아닌가 생각된다.

Table 6. The number of abnormal cells with altered chromosomes out of hundred cells selected from the DOC treated group.

Types of altered chromosomes	Number of cells
I	5
II	1
III	7
V	1
I & II	1
II & III	1

일찍이 Yerganian (1953)은 Chinese hamster 細胞에 X-ray 照射를 했을 경우 reciprocal translocation이 이루어짐을指摘한 바 있으며, 또 최근에 Bender and Gooch (1961)과 Brewen (1962)은 같은 材料에 X-ray 照射를 하여 chromosome breakage rate를 조사한 바 있다. 그러나 本實驗에서는 chromosome breakage rate는 뒤급하지 않았다.

또 최근에 Koprowski *et al.* (1962), Yerganian *et al.* (1962), Moorhead and Saksela (1963) 등은 培養한 사람의 細胞에다 SV 40 virus를 處理하여 形態적으로 변한 여러 종류의 異常染色體를 보고하고 있다. 本研究에서 觀察된 type IV 異常染色體는 Moorhead 등이 보고한 Del-1 染色體와 유사한 것이며, 또 type V도 그들이 말한 dicentric 하면서 異常적으로 큰 染色體에 해당한 것이 아닌가 생각된다.

本實驗 結果 중에서 染色體數가 넓게 흩어지며 stemline에 속하는 細胞數가 주는 것, 染色體數 44인 細胞가 드는 등의 변화는 steroids 物質處理에 따라 淘汰(selection)가 나타난 결과라고 보겠다.

그러나 形態적인 變異, 즉 常染色體의 일부가 性染色體나 다른 常染色體로 轉移를 해서 形態적으로 異常染色體를 이루는 경우는 突然變異(mutation)의 카복그리에 든다고 보겠다.

## 摘 要

Chinese hamster의 FAF-28 strain의 細胞에다 testosterone과 DOC를 處理하여 변해지는 染色體數 및 構成의 변화를 觀察하고 正常的인 FAF-28 細胞와 비교하였다.

1. 處理를 받지 않은 FAF-28 strain 細胞 200 개에 있어서 stemline은 22개의 染色體를 지니는 細胞이며 그 出現度는 79%이다. 그리고 이들 細胞의 平均染色體數는 23.95이며 1 細胞當 最少인 染色體數는 20, 最大인 數는 70이다.

2. testosterone 處理를 받은 200개의 細胞에 있어서의 stemline의 染色體數는 역시 22이나 그에 속하는 細胞(出現度)는 겨우 35.5%, 平均染色體數는 31.15, 最小染色體數는 19, 그리고 最大染色體數는 352이다.

3. DOC 處理區에서 택한 200개의 細胞에 있어서는 stemline 染色體數는 22, 그의 出現度는 37%, 平均染色體數는 30.09, 最小染色體數는 20, 그리고 最大染色體數는 181이 된다.

4. 處理를 받지 않은 對照區細胞의 染色體構成은 다음과 같다.

大形이며 metacentric인 染色體(LM).....2 쌍  
 中形이며 metacentric인 染色體(MM).....3 쌍  
 小形이며 subtelocentric인 染色體(SS).....3 쌍  
 小形이며 metacentric인 染色體(SM).....3 쌍  
 따라서  $2n=22$ 인 細胞의 染色體를 形態적으로 觀察하면 LM:MM:SS:SM=4:6:6:6이 되며,  $2n=44$ 인 細胞에서는 LM:MM:SS:SM=8:12:12:12가 된다.

5. Testosterone, DOC 處理區에서 染色體數 44를 지니는 細胞를 각각 20개씩 골라서 그 染色體構成을 形態적으로 조사하였다. Testosterone 處理를 받은 細胞에서는 LM:MM:SS:SM=8.6:10.8:13.5:10.7(平均)이 되고 DOC 處理를 받은 것에서는 LM:MM:SS:SM=7.7:11.4:12.5:12.7(平均)이 되어 對照區의 細胞보다 상당히 변해졌음을 알 수 있다.

6. Steroids 物質을 받은 100개씩의 細胞에 있어 5가지 타입의 形態적인 變異를 나타내는 染色體를 찾아 볼 수 있다 (types I-V). 즉 觀察한 異常染色體의 총수는 testosterone 處理細胞에서 31개, DOC 處理細胞에서 16개나 된다.

## REFERENCES

- Bender, M.A. and P.C. Gooch, 1961. Spontaneous and X-ray induced somatic-chromosome aberration in Chinese hamster. *Int. J. Rad. Biol.* 4:2, 175—184.
- Brewen, J.G., 1962. X-ray induced chromosome aberrations in the corneal epithelium of the Chinese hamster. *Science* 138:3542, 820—822.
- Ford, D.K., C. Boguszewski and N. Auersperg, 1961. Chinese hamster cell strain *in vitro*. Spontaneous chromosome changes and latent polyoma-virus infection. *J. Nat. Cancer Inst.* 26:3, 691.
- Kato, R. and G. Yerganian, 1959. Further observations on the sex chromosomes of the Chinese hamster. *Rec. Genet. Soc. America* 28, 79.
- Koprowski, H., J.A. Pontin, F. Jensen, R.G. Ravdin, P.S. Moorhead and E. Saksela, 1962. Transformation of cultures of human tissue infected with simian virus SV<sub>40</sub>. *J. Cell. and Comp. Physiol.* 59:3, 281—292.
- Matthey, R., 1951. Chromosomes des Muridae. *Experientia* 7, 340.
- Matthey, R., 1952. Chromosomes des Muridae (Microtinae et Cricetinae). *Chromosoma* 5, 113—138.
- Moorhead, P.S. and E. Saksela, 1963. Non-random chromosomal aberrations in SV<sub>40</sub>—transformed human cells. *J. Cell. and Comp. Physiol.* 62:1, 57—83.
- Pontecorvo, G., 1943. Meiosis in the striped hamster. *Proc. Roy. Soc. Edinb. B.* 62, 32—42.
- Sachs, L., 1952. Polyploid evolution and mammalian chromosomes. *Heredity* 6, 357—364.
- Sinclair, W.K. and A.N. Stroud, 1962. Post-irradiation changes in growth, chromosome number, and survival properties of cultured Chinese hamster cells. *Rad. Res.* 16:4, 590—591.
- Stone, D., 1962. Selection of HeLa cell sub-lines resistant to steroids from a HeLa cell strain sensitive to the growth inhibitory influences of desoxycorticosterone, progesterone and testosterone. *Endocrinology* 71:2, 233—237.
- Stone, D. and Y.S. Kang, 1962. Differences in chromosome stemlines of a strain of HeLa cells inhibited in growth by certain steroids, and of steroid-resistant sub-lines selected from the sensitive strain. *Endocrinology* 71:2, 238—243.
- Stone, D. and Y.S. Kang, 1963. Chromosome aberrations in a Chinese hamster strain of cells by the use of extracts of identical cells. *Proceeding, XVI International Congress of Zoology* 2, 275.
- Tonomura, A. and G. Yerganian, 1956. Aneuploidy in the regenerating liver of the Chinese hamster. *Genetics* 41, 664—665.
- Yerganian, G., 1952. Cytogenetic possibilities with Chinese hamster, *Cricetulus barabensis griseus*. *Genetics* 37, 638.
- Yerganian, G., 1953. Evidence disclosing the autosomal nature of sex chromosomes previously reported in the Chinese hamster, *Cricetulus griseus*. *Genetics* 38, 703.
- Yerganian, G., 1959. Chromosomes of the Chinese hamster, *Cricetulus griseus*. I. The normal complement and identification of sex chromosomes. *Cytologia* 24, 66—75.
- Yerganian, G., 1961. Patterns of sex-determining mechanisms. *The American Naturalist* XCV:883, 252—255.
- Yerganian, G. and M.J. Leonare, 1961. Maintenance of normal *in situ* chromosomal features in long-term tissue cultures. *Science* 133:3464, 1600—1601.
- Yerganian, G., H.M. Shein and J.F. Enders, 1962. Chromosomal disturbances observed in human fetal renal cells transformed *in vitro* by simian virus 40 and carried in culture. *Cytogenetics* 1, 314—324.