

紫外線 照射間隔이 브로일러 병아리의 中足骨 鑛物質 含量에 미치는 影響¹

장윤환 · 조인호 · 여영수² · 이은택 · 배은경 · 김종달

경북대학교 농과대학

(1993. 7. 28 접수)

Influence of UV Irradiation Interval on Mineral Content in Metatarsus of Broiler Chicks¹

Y.H. Chiang, I.H. Cho, Y.S. Yeoh², E.T. Lee, E.K. Bae and J.D. Kim

College of Agriculture, Kyungpook National University

(Received July 28, 1993)

SUMMARY

A study was conducted to investigate the concentrations of Ca, P and ash in metatarsal bone of broiler chicks exposed to UV light in different interval. Day-old Hubbard broiler chicks(199=10 control+3 irradiation interval × 9 elapsed time × 7 replicate) were fed vitamin D₃ deficient diet for 3 wk in a windowless subdued-light room and exposed to 297 nm UVB light by 0.068 mJ/cm² three times in 0, 12 or 24 h interval. The metatarsal bones were taken at 0, 6, 12, 18, 24, 48, 96, 144 or 240 h after last irradiation, separated from adhering tissue, ether extracted, dried and ashed. The Ca concentration was measured by atomic absorption spectrophotometry and P by ammonium metavanadate colorimetry. When the birds were continuously exposed to UVB light for 30 min without interval, the Ca content in metatarsus increased gradually according to the time after irradiation and reached the highest value 16.75% at 240 h after exposure. The P content also increased gradually until 144 h, where it was 9.75%. The ash content in metatarsus increased continuously until 240 h, the final time in this research, where 42.75% was shown. As 10 min three times irradiation in 12 h interval was applied to the chicks, the metatarsal Ca presented a small peak(13.31%) at 12 h after irradiation and a large peak(16.91%) at 144 h. P content showed a small peak(7.18%) at 12 h and a large level(8.34%) at 240 h. Ash content increased continuously until 240 h, where it was 46.53%. The small peaks in Ca and P concentration were thought to be derived from preirradiation at 12 and 24 h before final irradiation for 10 min. When 24 h interval system was treated, the peak value of Ca content(24.18%) occurred earlier(96 h) than those in 0 and 12 h interval systems. P content also showed the maximum value at 96 h(7.29%). Ash content presented an increasing trend until 240 h, where 45.75% was appeared. In respecting the method of UVB irradiation, the peak value of Ca content in metatarsus appeared earlier in 24 h interval

¹ 이 논문은 1991년도 교육부지원 학술진흥재단의 자유공모과제 학술연구조성비에 의하여 연구되었음

² 축협중앙회 사료연구소(Feed Research Institute, Livestock Cooperatives Federation)

system than in other systems. Meanwhile the ash contents in metatarsus of birds exposed to UVB light in 12 and 24 h interval procedures were higher than those in 0 h interval one. Therefore, it was concluded that a daily 10 min irradiation of UVB light would be desirable for increasing the Ca and ash content in metatarsus of broiler chicks.

I. 結 論

피부층의 7-dehydrocholesterol(7-DHC) 이 자외선(UV)을 받아서 previtamin D₃(PreD₃)로 전환되고 이는 체온에 의하여 vitamin D₃(VD₃)로 변환되며, VD₃는 혈액으로 이행되고 간에서 VD₃가 25-hydroxyvitamin D₃[25(OH)D₃]로 되며, 이는 신장에 가서 1,25-dihydroxyvitamin D₃[1,25(OH)₂D₃]가 되고, 이것이 각 조직에 가서 장과 골격의 Ca 흡수를 촉진하여 구루병을 예방 치료하고, 피부에서 乾癬을 치료하며 폐에서 종양치료, 유방에서 유열치료 등의 역할을 담당하는 것으로 알려져 있다(Velluz 등, 1949; Havinga 등, 1955; Sander 등, 1969; Holick 등, 1977; Takada, 1981; Clemens 등, 1982a, b; Morimoto 등, 1986; Smith 등, 1988; Iwaki 등, 1983; Smith 등, 1986).

따라서 자외선 조사 후 직접 골격회분을 측정하는 연구를 고려할 수 있는데, 아직 이러한 연구 결과는 입수되지 않았으며 다만 자외선 조사에 의하여 구루병을 치료할 수 있었다고 한 보고가 있을 뿐이다(Mellanby, 1919; McCollum 등, 1922; Hess 등, 1921). 그리고 AOAC(1984)는 사료내의 VD₃함량을 측정할 때 병아리의 경골 또는 족근골(발가락뼈)의 회분함량을 측정하도록 권장하였다.

장과 이(1984)는 브로일러의 Ca과 VD₃ 수준연구 시 증축골 회분함량을 조사하였으며 장 등(1985)은 aflatoxin과 VD₃의 교호작용 연구시 경골 무기물을 분석하였다. 장과 여(1990bc, 1991)는 aflatoxin B₁과 VD₃ 교호효과 구명시 경골, 증축골, 족근골을 이용하였다. Shepard 등(1979), Holick(1981), Clemens 등(1982a b), Lo 등(1986), Adams 등(1982), Holick 등(1987), Matsuoka 등(1987)은 자외선 조사 후 1~2일내에 혈액내 VD₃함량이 증가되었다고 보고하였다. 장 등(1992a)은 병아리의 등 피부에 312nm의 증파자외선(UVB)를 30~90분 조사한 결

과, 증축골의 회분 및 P 함량으로 보았을 때 90분 조사가 가장 효과적이었다고 발표하였다. 장 등(1992b)은 병아리의 벗과 다리에 297 nm의 UVB를 병아리에 조사시 증축골의 회분, Ca, P 함량상 30분과 60분 조사 사이에 별로 차이가 없었다고 보고하였다.

따라서 본 연구에서는 30분을 조사할 때 일시에 조사하는 것이 좋은지, 12시간 또는 24시간 간격을 두고 10분씩 3회 조사하는 것이 좋은지 구명코자 하겠다.

II. 材料 및 方法

1. 供試動物 및 飼料

육용 Hubbard계 병아리 199수(3처리 × 9경과사간 × 7반복+대조구10수)를 무창약등(5 lux)의 육추사에서 VD₃ 결핍사료(AOAC, 1984)로 3주간 사육한 후 UV조사에 이용하였다. VD₃ 결핍사료는 옥수수 58%, 밀가루 13%, 밀기울 12%, 카제인 12%, 효모 2%, 인산 3칼슘 1%, MnSO₄ · 5H₂O 0.22%로 구성되었으며, 이에는 수분 10.37%, 조단백질 17.37%, 조지방 2.32%, 가용무질소물 64.25%, 조섬유 1.11%, 조회분 4.58%, Ca 0.88%, P 0.69% 함유되어 있었다.

2. 紫外線 照射

297 nm에서 최대강도를 나타내는 UVB light box(National Biological Corp., N.Y., Model Panosol II)로 병아리의 옆을 조사하였으며 Research Radiometer(International Light Co., Model IL 1700)로 집적량을 15cm²거리에서 10분간 측정하였을 때 0.068 mJ/cm²를 나타내었다. 3주령 병아리중 먼저 10수를 무작위로 선발하여 5수는 UVB를 조사하지 않은 대조구로, 나머지 5수는 ProD₃ 및 VD₂의 회수시험에 이용하였다. UVB조사 방법을 3종으로 하였으며 처리 1에서는 계속 30분간 조사하였고(63수), 처리 2에서는 10분조사-12시간 간격-10분 조사-12시간 간격-10분 조사, 처리 3에서는 처리 2에서와 같이

10분간씩 3회 조사하되 24시간 간격을 두고 실시하였다. 조사시에는 깊이 20cm², 폭 70cm, 높이 70cm의 나무상자를 세워놓고 3단으로 구분, 발판을 설치한 후 병아리를 옆으로 세워두고 15cm거리에 UVB light box(깊이 5.5cm, 폭 70cm, 높이 70cm)를 설치하였다. UVB를 마지막으로 조사한 후 즉시(0시간), 6, 12, 18, 24, 48, 96, 144 또는 240 시간에 각 7수의 병아리에서 중족골을 채취하였다.

3. 中足骨의 灰分, Ca 및 P 測定

자외선 조사 후 경과 시간에 따라 병아리 양쪽 다리의 중족골을 채취하였으며(각 처리당 7만복), 부착조직을 제거하기 위하여 100℃의 물에 2분간 넣었다가 골격만을 분리하였다. 조직을 제거한 중족골을 추출관에 넣고 끓는 ether에서 48시간 동안 탈지하였다. 그 후 100℃의 건조기에 넣어서 건조시킨 다음, 건조 탈지골의 무게를 측정하였으며 회화 후 성분 함량을 측정하였다(AOAC, 1984). 각 시료는 6N HCl에 용해한 다음 Ca은 atomic absorption spectrophotometer(Hitachi Co, Model 170-30)로, P은 ammonium metavanadate비색법으로 분석하였다.

Ⅲ. 結果 및 考察

1. Ca含量的 變化

먼저 간격없이 30분 계속 조사시 중족골 Ca의 변화를 Fig. 1에서 보면 대조구에서 18시간까지 별 차이를 보이지 않았으나 48시간부터 증가하기 시작하여 같은 기율기로 240시간까지 계속 증가되었다. 이때의 Ca 함량은 탈지 건조 중족골중 16.75%이었다. 다음 12시간 간격으로 10분간 3회 조사시 30분 계속 조사시와 다른 모습으로 나타났다. 초기에 굴곡, 24시간 부터 96시간까지 11~12% 수준을 유지하였으며 144시간에는 16.91%의 최고치를 보였다. 이 최고치는 30분간 계속 조사시의 240시간 함량 16.75%에 가깝다. 그리고 240시간까지 하강하여 14.64%로 되었다. 이처럼 30분 계속 조사시보다 일찍 peak를 나타낸 것은 UVB를 12시간 및 24시간 전에 10분간씩 2회 조사 받은 것 때문인 것 같다. 144+12, 144+24 시간을 계산하면 156, 168시간에 해당하며 그래도 30분 계속 조사시 보다 peak가 빨리 나타난 것이다. 세째로 24시간 간격으로 10분간씩 3회 조사시의 결과를 보면 18시간에 작은 peak, 96시간에 큰 peak를 나타내었으며 각각 16.

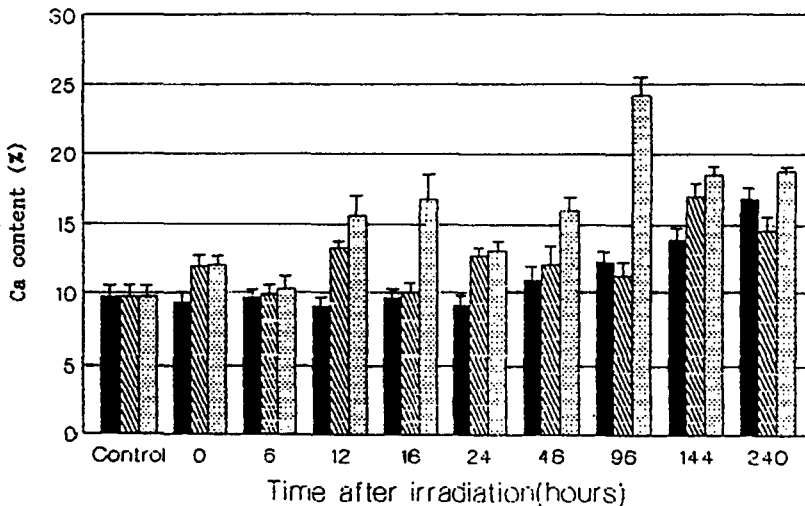


Fig. 1. Metatarsus Ca of broiler chicks fed vitamin D deficient diet in the house where the sunlight was cut off for 3 wk and exposed to UVB light having maximum intensity at 297 nm by integrated dose of 0.204 mJ/cm²(0.068 mJ/cm² three times) in 0 (■), 12(▨)or 24(▩)h interval at 15cm distance following the time after irradiation. Values are expressed as the mean ± SEM (n=7).

66%와 24.18%였으며 18시간에 작은 peak값이 30분 조사시의 12시간 간격 조사시의 최고치에 비슷하며 96시간의 24.18%는 본 연구 권체를 통하여 가장 높은 값이었다. 그후 감소되어 240시간에는 18.72%이었다. 이와 같이 24시간 간격으로 조사하면 최초 UVB 10분간 조사때 부터 기산하여 144(96+48시간)시간에 가장 높은 수치를 보이므로 24시간 간격으로 조사하는 것이 가장 좋은 것으로 나타났다.

2. P含量的變化

Fig. 2에서 보는 바와 같이 30분간 무간격으로 조사시 0시간에 6.71%, 24시간에 6.53%이었으나 48시간 후 부터는 상승하기 시작하여 144시간에 9.75%의 peak를 나타내었고 240시간 후에는 8.75%로 낮아졌다. Ca과는 다르게 peak가 더 빨리 나타났다. 즉 UVB 조사로 중족골의 Ca보다 P이 더 먼저 축적된다는 것을 시사한다.

다음 12시간 간격으로 10분간씩 3회 조사시 12시간(7.18%)과 48시간(6.45%)에 작은 peak를 보이다가 144시간에 關域에 도달하였다(8.32%). 이 수치는 30분 계속 조사시보다(9.75%) 낮은 수준이다. 셋째로 24시간 간격으로 조사시 처음에 6%, 24시간에 작은

peak(6.90%), 96시간에 7.29%의 큰 peak에 도달하여 이 수준을 240시간까지 유지하였다. 관역에 이르는 시간이 3처리중 가장 빨리 나타났다. 그러나 이 최고치 7.29%는 12시간 간격때의 8.34%, 무간격 조사시의 9.75%보다 낮다. 왜 이처럼 P의 함량이 간격을 크게 할수록 낮게 나타나는지는 알 수 없다.

3. 灰分 含量의 變化

먼저 30분간 간격없이 UVB를 조사하였을 때 Fig. 3과 같이 240시간까지 계속 증가하여 3주 동안 VD_3 결핍으로 인하여 발생된 골회분 부족상태를 보상하는 결과를 보여 주었다. 240시간의 골회분 함량은 42.75%이었다. 다음 12시간 간격으로 10분간씩 3회 조사하였을 때에는 240시간에 46.53%를 나타내어 30분간 계속 조사하였을 때(42.75%)보다 높게 나타났다. 중간의 48시간의 회분 함량도 39.10% 로서 30분 계속 조사시의 35.55%보다 높은 결과를 보였다. 이와 같이 더 높은 수준을 보인 것은 본 처리에서 이미 12시간전과 24시간전에 10분간씩 2회 조사하였기 때문이 아닌가 생각된다. 세번째로 24시간 간격으로 10분간씩 조사하였을 때에는 계속 증가하는 모습이 앞의 처리 2와 비슷하게 나타났으나 절대치에 있어서는 0시간에 12

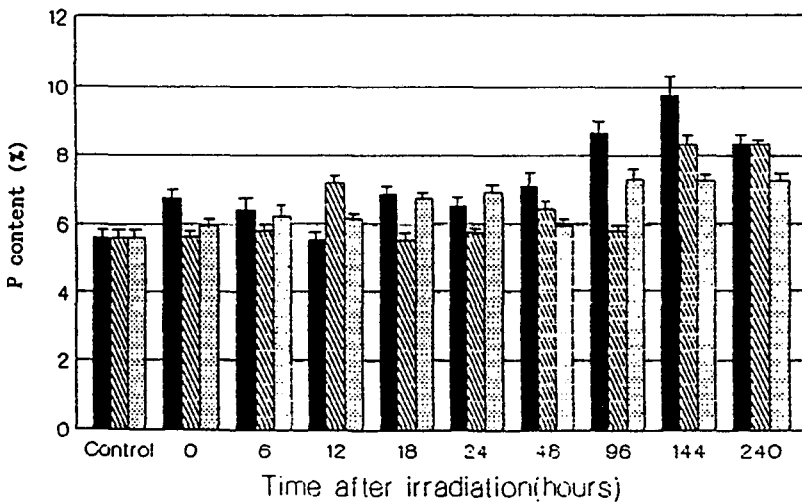


Fig. 2. Metatarsus P of broiler chicks fed vitamin D deficient diet in the house where the sunlight was cut off for 3 wk and exposed to UVB light having maximum intensity at 297 nm by integrated dose of 0.204 mJ/cm^2 (0.068 mJ/cm^2 three times) in 0 (■), 12(▨) or 24(▩)hrs interval at 15 cm distance following the time after irradiation. Values are expressed as the mean \pm SEM (n=7).

시간 간격때 31.00%, 24시간 간격때 33.42%로서 후자가 더 높았으나 24시간에 전자가 35.17%, 후자가 35.11%로 비등하게 되었고 240시간에는 각각 46.53%와 45.73%를 나타내어 비등한 수준을 보였다. 다시 말해서 하루에 한번씩(24시간 간격으로) UVB를 조사하는 것이 더 바람직하다는 것을 시사한다.

Clemens등(1982b)은 사람 피부에 자외선을 조사한 결과 2일 후에 혈청내 VD_3 함량이 최고치를 나타내었다고 하였는데, 본 연구에서 종족골 P 함량의 최고치가 96~144시간에, Ca 최고치를 96~240시간에, 회분 함량의 최고치가 240시간 이후에 나타나는 결과를 보였으므로 본 연구에서 먼저 피부에서 발생된 VD_3 가 혈액을 거쳐 간장으로 가서 $25(OH)D_3$ 로 전변되고, 신장에서 $1,25(OH)_2D_3$ 로 대사되며 이 steroid hormone이 골격의 P와 Ca 흡수를 촉진하고 최종적으로 골격 회분을 증가시킨다는 것을 증명하였으며 골격회분을 완전히 증가시키는데 10일 이상이 소요된다는 것을 입증하였다.

장과 이(1984)는 Ca 및 VD_3 수준에 관한 연구에서 6주령 브로일러 병아리의 종족골 Ca, P 및 회분 함량이 각각 13~18%, 7~10%, 48~51%이었다고 하

로 본 연구의 대조구 Ca 10.26%, P 5.61%, 회분 34.26%는 모두 매우 낮은 수준이며 구루병 상태에 있음을 보여준다. 그러나 UVB를 조사함으로써 Ca수준이 처리 1에서 240시간에 16.75%, 처리 2에서 144시간에 16.91%, 처리 3에서 96시간에 26.21%의 높은 수준까지 상승하여 장과 이(1984)의 Ca수준과 비슷하게 또는 더 높게 되었다. 그리고 P의 수준은 처리 1에서 144시간에 9.75%, 처리 2에서 240시간에 8.34%, 처리 3에서 96시간에 7.29%의 최고치를 나타내었으므로 장과 이(1984)의 수치에 비슷하게 나타났다. 또한 회분 함량에 있어서 처리 1에서 240시간에 42.75%, 처리 2에서 240시간에 46.52%, 처리 3에서 240시간에 45.73%를 나타내었으므로 장과 이(1984)의 48~51%보다 조금 낮은 값이나 240시간 이후에 계속 조사하지 않았기 때문에 그 후 얼마나 더 상승할런지 모른다.

장과 여(1990c)는 aflatoxin과 VD_3 수준에 관한 연구에서 3주령 브로일러 병아리의 경골중 Ca, P 및 회분 함량을 측정하였더니 각각 21~23%, 7.6~8.7% 및 51~57%이었다고 하므로 Ca함량에 있어서 처리 1과 처리 2는 낮게, 처리 3에서는 조금 더 높게 최고치

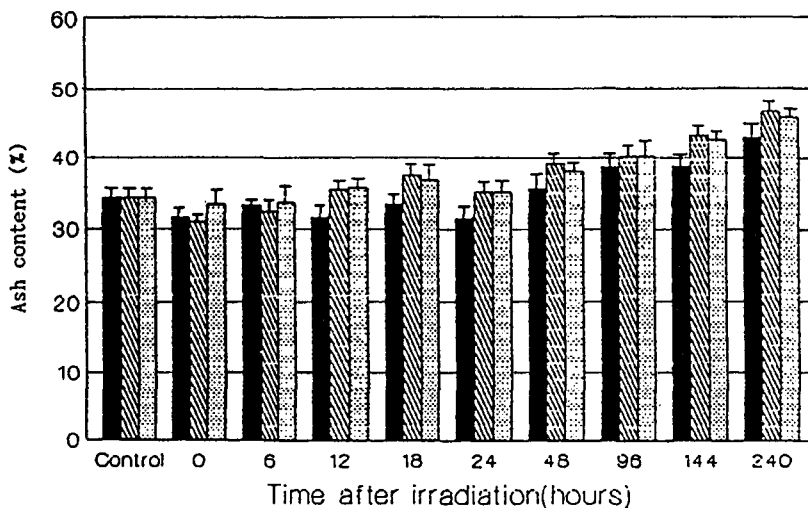


Fig. 3. Metatarsus ash of broiler chicks fed vitamin D deficient diet in the house where the sunlight was cut off for 3 wk and exposed to UVB light having maximum intensity at 297 nm by integrated dose of 0.204 mJ/cm² (0.068 mJ/cm² three times) in 0 (■), 12(▨) or 24(▩)h interval at 15cm distance following the time after irradiation. Values are expressed as the mean ± SEM (n=7).

를 나타내었고, P의 함량은 처리 1에서는 더 높게, 처리 2와 3에서는 비등하게 나타났다. 그리고 회분 함량은 본 연구에서 모든 처리구에서 낮게 나타났다. 역시 240시간에 더 측정하지 않았기 때문에 그런 차이를 보이는 것 같다. 장과 여(1990c)는 aflatoxin과 VD₃ 수준을 연구시 증족골의 무기물을 조사하였는데 Ca이 19~23%, P이 9.8~10.4%, 회분이 51~53%이었다고 하므로 본 연구의 Ca이 낮게, P이 낮게, 회분이 낮게 나타났다.

그리고 장과 여(1991)는 역시 aflatoxin과 VD₃ 수준 연구에서 第3趾列骨의 Ca이 15~21%, P이 7.9~8.8%, 회분이 45~47%이었다고 하므로 본 연구의 Ca, P 및 회분 함량과 비슷하였다.

결과들을 종합적으로 살펴보면, UVB 조사후 병아리의 체중이 급격히 증가되었으며 구루병을 치료하는 결과를 보여주었으며 증족골의 Ca, P 및 회분 함량도 증가되었다. 그 증가량에 있어서 처리 1이 제일 적었으며 처리 2가 중간, 처리 3이 많았다. 증족골의 Ca와 P의 증가 속도에 있어서 처리 1보다 처리 2가, 처리 2보다 3이 더 빨랐다. 따라서 10분간씩 UVB를 조사하되 24시간 간격으로 조사하는 것이 가장 바람직한 것으로 생각된다.

IV. 摘 要

본 연구는 비타민 D₃(VD₃) 결핍 병아리에게 자외선을 상이한 간격으로 조사하여 경과시간에 따라 다리의 증족골을 채취하여 회분, Ca, P의 수준을 조사코자 실시되었다. 육용 Hubbard 계통 199수의 초생추(대조구 10수+3조사간격×9조사후 경과시간×7반복)를 무창약동 육추사에 넣고 VD₃ 결핍사료로 3주간 사육한 후, 0.068 mJ/cm²(10분간)의 선량으로 297 nm의 UVB 광선을 3회 조사하되 조사간격을 0, 12 또는 24시간 간격으로 하였다. 조사 후 0, 6, 12, 18, 24, 48, 96, 144 또는 240 시간에 병아리의 증족골을 채취하였다.

증족골은 부착조직을 제거하고 탈지, 건조, 화화하여 회분, Ca, P 함량을 측정하였다. Ca은 원자흡수분광도법으로, P은 ammonium metavanadate 법으로 비색정량하였다. UVB를 30분간 무간격으로 조사하였을 때 증족골의 Ca함량은 계속 증가되어 240시간

에 16.75%에 도달하였다. P의 함량은 UVB 조사후 점점 증가되어 144시간에 최고치 9.75%를 나타내었으며, 회분함량은 UVB 조사후 점점 증가하여 240시간에 42.75%에 이르렀다.

12시간 간격으로 10분간씩 3회 조사하였을 때에는 증족골의 Ca 함량이 12시간에 작은 peak(13.31%), 144시간에 큰 peak (16.91%)를 보였다. P의 함량은 12시간에 작은 peak(7.18%), 240시간에 큰 수준(8.34%)을 보였다. 회분 함량은 UVB 조사후 계속 증가하여 240시간에 46.53%의 높은 값을 나타내었다. 도중의 Ca과 P의 작은 peak는 아마 12시간 및 24시간 전에 조사하였던 UVB의 영향인 것으로 생각된다.

24시간 간격으로 10분간씩 3회 조사했을 때 증족골의 Ca 함량은 점차 증가되어 96시간에 최고치 24.18%를 보였고 P함량은 역시 96시간에 최고치 7.29%를 나타내었으며, 회분 함량은 240시간까지 계속 증가되어 45.73%에 이르렀다. UVB조사 후 경과시간에 따라 살펴보면 증족골의 Ca와 P 함량은 UVB 조사후 96~144시간에 최고치에 도달했으나 회분함량은 240시간까지 계속 증가하는 모습을 보였다. 다음 UVB의 조사방법에 따라 증족골의 Ca 함량을 봤을 때 무간격으로 조 240시간까지 계속 증가하였고, 12시간 간격으로 조사시 144시간에 최고치를, 24시간 간격으로 조사시에는 96시간에 최고치를 나타내었으며 회분 함량을 봤을 때 12시간 또는 24시간 간격으로 조사하였을 경우가 무간격으로 조사하였을 때보다 더 높은 수준을 보였으므로 24시간 간격으로 10분간씩 조사하는 것이 바람직한 것으로 생각되었다.

V. 引用文獻

1. Association of Official Analytical Chemists. 1984. Vitamin D in poultry feed supplements : chick bioassay. Official method of analysis. A.O.A.C. Washington., D.C. pp.876.
2. Adams, J.S, T.L Clemens, J.A. Parrish and M.F. Holick. 1982. Vitamin-D synthesis and metabolism after ultraviolet irradiation of normal and vitamin D-deficient subjects. New. Engl. J. Med. 306:722-725.
3. Clemens, T.L., J.S Adams, J.M. Nolan and

- M.F. Holick, 1982a. Measurement of circulating vitamin D in man. *J. Clin. Acta.* 121:301-308.
4. Clemens, T.L., J.S. Adams, S.L. Henderson and H.F. Holick, 1982b. Increased skin pigment reduces the capacity of skin to synthesize vitamin D₃. *Lancet.* Pages 74-76.
 5. Havinga, E., A.L. Koevoet and A. Verloop. 1955. Studies on vitamin D and tritiated compounds. *Recueil.* 74:1230-1242.
 6. Hess, A.F. and L.J. Unger. 1921. in Norman, A.W. 1979. *Vitamin D: The calcium homeostatic steroid hormone.* Academic Press, N. Y.
 7. Holick, M.F., E. Smith and S. Pincus. 1987. Skin as the site of vitamin D synthesis and target tissue for 1,25-dihydroxyvitamin D₃. *Arch. Dermatol.* 123:1677-1683.
 8. Holick, M.F., J.A. MacLaughlin and S.H. Doppelt. 1981a. Regulation of cutaneous previtamin D₃ photosynthesis in man: Skin pigment is not an essential regulator. *Science* 211:590-593.
 9. Holick, M.F., J.E. Formner, S.C. McNeil, N.M. Richard, J.F. Henley and J.T. Potts. 1977. Photometabolism of 7-dehydrocholesterol to previtamin D₃ in skin. *Biochem. Biophys. Res. Commun.* 76:107-114.
 10. Iwaki, Y.J. and H.C. Freake. 1983. Growth inhibition of human breast cancer cells induced by calcitonin. *Biochem. Biophys. Res. Commun.* 110:236-242.
 11. Lo, C.W., P.W. Paris and M.F. Holick. 1986. Indian and Pakistani immigrants have the same capacity as Caucasians to produce vitamin D in response to ultraviolet irradiation. *Am. J. Clin. Nutr.* 44:683-685.
 12. Matsuoka, L.Y., L. Ide, J. Wortsman, J.A. MacLaughlin and M.F. Holick. 1987. Sunscreens suppress cutaneous vitamin D₃ synthesis. *J. Clin. Endocrinol. Metab.* 64:1165-1168.
 13. McCollum, E.V., N. Simmond, J.E. Becker and P.G. Shipley. 1992. in Norman, A.W., B. J. Frankel, A.M. Heldt and G.M. Grodsky. 1980. Vitamin D-deficiency inhibits pancreatic secretion of insulin. *Science.* 209:823-825.
 14. Mellanby, E. 1919. An experimental investigation on rickets. *Lancet.* 1:407-412. in Norman, A.W. 1979. *Vitamin D: The calcium homeostatic steroid hormone.* Academic Press, N.Y.
 15. Morimoto, S., T. Onishi, S. Imanaka, H. Yukawa, T. Kozuka, Y. Kitano, K. Yoshikawa and Y. Kumahara. 1986. Topical administration of 1,25-dihydroxyvitamin D₃ for psoriasis: report of five cases. *Calcif. Tissue Int.* 38:119-122.
 16. Sanders, G.M., J. Pot and E. Havinga. 1969. Some recent results in the chemistry and stereochemistry of vitamin D and its isomers. *Fortschr. Chem. Org. Naturst.* 27:131-157.
 17. Shepard, R.M., R.L. Horst, A.J. Hamastra and H.F. DeLuca. 1979. Determination of vitamin D and its metabolites in plasma from normal and anephric. *Biochem. J.* 182:55-69.
 18. Smith, E.L., S.H. Pincus, L. Donovan and M.F. Holick. 1988. A novel approach for the evaluation and treatment of psoriasis. *J. Am. Acad. Dermatol.* 19:516-528.
 19. Smith, E.L., N.C. Walworth and M.F. Holick. 1986. Effect of 1, 25-dihydroxyvitamin D₃ on the morphologic and biochemical differentiation of cultured human epidermal keratinocytes grown in serum-free conditions. *J. Invest. Dermatol.* 86:709-714.
 20. Takada, K., A. Takashima and Y. Shimoi. 1981. A study of the photobiogenesis of cholecalciferol *in vivo* and the constraint on its 25-hydroxylation in rat. *J. Steroid*

- Biochem. 14:1361-1367.
21. Velluz, L., G. Amiard and A. Petit. 1949. Le precalciferolises reations d'e quilibre avec le calciferol. in Norman, A.W. 1979. Vitamin D: The calcium homeostatic steroid hormone. Academic Press, N.Y.
 22. 장윤환, 이철희. 1984. 칼슘 및 비타민 D₃ 수준이 브로일러 병아리의 증체, 영양소 이용률 및 부전골 무기물에 미치는 영향. 한축지. 26:110-117.
 23. 장윤환, 전진석, 여영수. 1985. Aflatoxin과 비타민 D₃ 급여가 브로일러 병아리의 증체, 영양소 이용률 경골 무기물 및 혈청성상에 미치는 영향. 경북대. 농과기보. 2:68-76.
 24. 장윤환, 여영수. 1990b. Aflatoxin B₁과 Vitamin D₃ 급여가 Broiler 병아리의 경골 무기물 함량에 미치는 영향. 한영사보:14(6) 231-237.
 25. 장윤환, 여영수. 1990c. Aflatoxin B₁과 Vitamin D₃ 급여가 Broiler 병아리의 중족골 무기물 함량에 미치는 영향. 가금지. 17(4)296-302.
 26. 장윤환, 여영수. 1991. Aflatoxin B₁과 Vitamin D₃ 급여가 Broiler 병아리의 제3지열골 무기물 함량에 미치는 영향. 한축지. 33(1)51-57.
 27. 장윤환, 전진석, 이은택. 1992a. 육계 턱뼈 표피에서 비타민 D₃와 그 유사물질의 *in vitro* 합성에 미치는 310 nm 자외선 조사시간의 영향. 한영사지. 16(1)1-6.
 28. 장윤환, 원지웅, 강훈석, 김강수, 여영수. 1992b. 브로일러 병아리의 등 피부에 312 nm 자외선 조사시 상이한 선량이 혈장내 비타민 D₃ 함량에 미치는 영향. 한축지. 34(3)162-166.