

Inhibition of radiomercury(Hg-203) by squalene in mice

Kyung-Hee Lee¹, Young-Ho Kim^{1,2} and Joung-Se Kim¹

Dept of Biology, College of Natural Sciences, Chosun University¹

Dept of Nuclear Medicine, Chonnam University Hospital²

마우스에서 스쿠알렌에 의한 방사성수은 억제 효과

이경희¹ · 김영호^{1,2} · 김종세¹

조선대학교 생물학과, 전남대병원 핵의학과

(2000년 4월 25일 접수, 2000년 6월 2일 채택)

Abstract - The purpose of this experiment is to investigate the retention of the radiomercury among the organs in mice.

We used the healthy ICR male mice and divided into two groups. The experimental group was orally treated with squalene(200mg/kg of body weight<b.w.>) at two times a day(12 hrs interval) and radiomercury(0.005 μ Ci/g of body weight.) only one time. The control group was treated only with radiomercury as same amount of the experimental group.

As the result, main retentive organs were kidney, liver, blood, heart and skull. In the control group, all of these organs showed high retention of the radiomercury at 6 hours, but in the experimental groups, all the organs significantly inhibit retention of the radiomercury by squalene($p < 0.05$).

We conclude that squalene inhibit retention of the radiomercury.

Key words : squalene, radiomercury, tissue retention, inhibition

요약 - 본 연구의 목적은 마우스 주요 조직내의 방사성수은 침착을 알아보기 위하여 실험을 하였다. 건강한 ICR계 수컷 마우스를 사용하였고 두 개의 실험군을 설정하였다. 실험군은 방사성수은(0.005 μ Ci/b.w.)을 단독처치하고 스쿠알렌(200mg/kg)을 1일 2회씩 구강 처치하였다. 대조군은 실험군과 동일한 방법으로 방사성수은만 단독처치 하였다.

결과적으로 주요 침착 장기는 신장, 간, 혈액, 심장, 두개골이었다. 대조군의 경우, 모든 장기에서 6시간째에 가장 높은 방사성수은 침착을 보였으나, 스쿠알렌을 처치한 실험군의 경우는 6시간째에 방사성침착이 유의하게 억제됨을 관찰 할 수 있었다($p < 0.05$).

결론적으로, 스쿠알렌이 방사성수은의 조직 침착을 억제시키는데 효과가 있는 것으로 사료된다.

중심어 : 스쿠알렌, 방사성수은, 조직침착, 억제

서론

최근 급속한 산업발달로 인한 산업폐기물, 중금속, 방사성 물질 등은 인류의 부주의로 인해 토양, 수질, 대기 등의 자연환경으로 유입되어 생태계를 파괴하며 인체에 직·간접적으로 흡수, 축적되어 독성 및 기타 여러 질병을 유발시켜 이에 대한 심각성이 보고되어져 왔다[1].

중금속 중 특히 수은은 인류에 의해 오랫동안

사용되어진 중금속 중의 하나이다. 수은이 처음 인류생활에 사용된 것은 고대이집트 시대에 벽화의 도료를 만드는데 쓰여졌으며 이노제, 제사제, 방부제, 살충제 및 매독의 치료제로 널리 이용되어 왔다는 기록이 있다[2]. 1700년대 이후 공업용으로 이용되면서 산업발달에 따른 환경오염에 의하여 수은 중독에 관한 해폐가 지적되었고, 공장 폐수에 오염된 물고기나 조개의 섭취로 일본 Minamata지역에서 발생한 사건으로 더욱더 사회

적인 문제가 되었다[3-4]. 이러한 수은 관련 화합물의 생태계 순환을 통해 노출된 농작물 및 해산물의 섭취로 수은중독이 심각한 문제가 되자 수은 사용을 금지하거나 억제하고 있는 실정이다[5].

수은은 흡수, 대사, 배설 및 독성의 화합물 형태에 따라 금속수은, 무기수은, 유기수은 화합물 상태로 분류되고 체내 흡수 경로는 경구 섭취, 흡입, 질점막 및 피부를 통하여 이루어지며[6], 체내에 흡수 후 혈액 순환을 통해 각 조직으로 이동되며 특히 주로 중추신경계, 간장, 신장 등에 축적되어 병리적 장애를 일으킨다고 보고되었다[7-9].

최근의 수은 노출 측정의 가능성으로 동물과 사람을 대상으로 한 연구가 진행되어 왔지만, 제한된 진단 도구의 사용으로 다양하게 연구되지 못하고 있다. 여기에 방사성 동위원소 Hg-203은 조직에 측정할 수 없는 미소량의 수은을 판독하고 분석하는 어려운 문제를 해결하는데 유용하게 이용되고 있다. 지금까지 수은의 저해작용에 대한 보호효과로 sodium diethyldithiocarbamate(DDC), N-acetylpenicillamine(NAPA), sodium 2, 3-dimer captopropane 1-sulfonate(DMPS), 2, 3-dimercaptopropanol(BAL), calcium trisodi-umdie thylene triaminepentacetate(DTPA), N-benzyl-D-glucaminedithio-carbanate(BGD), meso-2, 3-dimercaptosuccinic acid(DMSA), D-penicillamine(D-PEN), 등의 화학적 착화제를 이용한 연구가 진행되어 동물실험 결과 유효한 착화제로 평가되었지만[10-18], 이들 화학적 착화제는 자체가 지닌 독성으로 많은 문제가 야기되므로 안정성이 높은 무독성 천연 착화제의 개발이 요구되는 실정이다.

우리나라에서는 수은의 중금속 해독 효과를 갖는 식품류 섭취로 만성중독 예방을 위한 연구로서 등[19]은 흰쥐에게 수은을 중독시킨 후 마늘즙을 매일 식이에 투여하여 흰쥐의 성장률이 증가하였고 혈액과 신장의 수은 함량 조사에서도 감소하여 보호 효과가 있음을 보고한 바 있다.

Squalene(hexamethyltetracosahexane, $C_{30}H_{50}$, 이하 SQ라 함)은 콜레스테롤의 생합성에 아주 중요한 선구물질로서, 동물에서는 심해상어(Centrophorus atromarginatus)에서 추출되며 식물에서는 올리브유에 많은 양이 함유되어 있으며, 특히, 동물에서는 주로 간에서 합성이 이루어져 피부, 복부 지방조직, 피하 지방조직, 림프절, 췌장 및 심장근 등에 다량 포함되어 있다[20]. SQ는 6개의 이중결합이 있어 산소 이온과 쉽게 결합할 수 있기 때문에 유해한 산소를 제거할 수 있다는 보고가 있으며[21], 심장 활동력의 증가, 상처 치유, 혈관의 확장, 동맥 경

화의 억제작용을 하기 때문에 최근에는 건강 식품으로 이용되고 있고 있다[22].

Yamawaki 등[23]은 mice와 guinea pig에서 암을 유발시키는 *Nocaerdiaru bra*(N-CWS)균에 SQ가 항암제로서 효과가 있다고 보고된 바 있다. 하지만, 위와 같은 다양한 분야의 연구에도 불구하고 아직까지 스쿠알렌을 이용하여 방사성동위원소의 주요 조직내 침착 억제에 관한 연구는 보고된 바 없다.

본 연구에서는 스쿠알렌 처치가 방사성수은의 주요 조직 침착에 억제 효과가 있는 지 여부를 관찰하고자 하였다.

재료 및 방법

실험동물은 삼육실험동물센터(8~10주령, 25g~30g)에서 분양 받은 ICR계 웅성 마우스를 사용하였고, Polycarbonate cage(40×25×17cm)에 담아 온도 23±2℃, 습도 50±5%의 환경조건을 유지시킨 실험실의 animal cage(HB-404AS, 명진기계)에서 먹이와 음용수 *ad libitum*으로 공급하였다.

SQ는 세모(주) 제품을, 조직내 수은의 체내분포를 관찰하기 위하여 방사성수은($^{203}\text{HgCl}_2$)은 DUPONT 사(1 mCi/ ml, England, specific activity: 0.3-2.0 mCi/mg mercury)제품을 구입하여 실험에 사용하였다.

실험군은 다음과 같이 설정하였다. 대조군은 방사성수은 0.005 $\mu\text{Ci/b.w(g)}$ 를 위장관튜브를 이용하여 구강투여 후 바로 일반식이를 공급한 군, 실험군은 방사성수은 0.005 $\mu\text{Ci/b.w(g)}$ 를 위장관튜브를 이용하여 구강으로 투여 한 후 SQ(200mg/kg)를 12 시간 간격으로 구강 투여한 군으로 구분하였다. 주요 장기 중 간, 신장, 혈액, 심장, 두개골을 방사성수은 투여 후 3, 6, 12, 24, 48, 72, 168 시간대별로 적출하여 감마카운터(Hewlett-Packard 5005, U.S.A)를 이용하여 방사성수은의 감마에너지(20-2000 Kev)와 방출비율을 고려하여 1분간 조직 침착 선량을 측정하였다. 혈액은 heart-puncture를 통해 주사기를 이용하여 0.5 ml를 채취하였다. 각 장기별 실험수치는 투여된 방사성수은의 총 CPM수치에 대한 장기별 축적치에 대한 백분율을 적용하였으며, 측정간의 붕괴수치등 물리적 요인은 보정하였으나, 생물학적 요인은 무시한 상대적인 수치만을 이용하였다. 각 조직간 통계학적 유의성은 개인용 컴퓨터 프로그램인 SAS를 이용하여 Anova test에 의하여 검정하였으며, 각 p값은 0.05 미만의 것을 유의한 수준으로 고려하였다.

결 과

주요 조직내에서 방사성수은의 체내 침착 정도를 표 1-6에 나타내었다. 신장에서 가장 높은 방사성수은의 체내 잔존율이 관찰되었다(표 1). 대조군에서 6시간째에 $14.36 \pm 0.18\%$ 로 가장 높은 수치를 나타낸 반면, SQ를 처치한 군에서는 6시간째에 $1.08 \pm 0.09\%$ 로 가장 큰 효과가 있음을 관찰할 수 있었으며($p < 0.05$), 기타 시간대에서는 대조군과 비교하여 큰 차이가 없음을 관찰되었다. 간의 경우 방사성수은의 체내 잔존율은 신장을 제외하고 다른 조직에 비해 높은 분포를 나타냄을 관찰할 수 있다(표 2). 대조군의 경우 6시간째에 $1.77 \pm 0.38\%$, SQ를 투여한 군에서는 $0.33 \pm 0.01\%$ 를 보였다($p < 0.05$). 비장의 경우는 전체 시간대에 특별한 차이가 없음을 관찰할 수 있었다(표 3). 대조군의 경우 6시간째에 $0.07 \pm 0.05\%$ 인 반면에 Squalene을 투여한 군에서는 $0.03 \pm 0.01\%$ 로 특별한 차이점은 관찰할 수 없었다. 혈액에서의 방사성수은의 체내 잔존율은 대체적으로 낮은 수치가 관찰되었음을 알 수 있다(표 4). 대조군에서 6시간째 $0.17 \pm 0.19\%$, SQ를 투여한 군에서는 $0.02 \pm 0.00\%$ 를 보였다($p < 0.05$). 심장의 경우도 대조군에서 6시간째에 $0.14 \pm 0.11\%$, Squalene을 투여한 군에서는 $0.02 \pm 0.00\%$ 가 관찰되었다($p < 0.05$)(표 5). 두개골의 경우는 대조군이 6시간째에 $2.07 \pm 0.77\%$, SQ 투여군에서는 $0.28 \pm 0.08\%$ 로 대조군에 비해 유의성이 있음이 관찰되었다($p < 0.05$)(표 6).

고 찰

본 연구에서는 다양한 생리활성 작용을 가지고 있음이 보고된 스쿠알렌을 이용하여 방사성수은의 주요 조직 침착 억제 효과가 있음을 관찰하였다.

포유동물에서 SQ는 콜레스테롤 합성과정 중 중간물질이라는 사실은 잘 알려져 있으나, 합성과정 중 SQ단독으로 분리되어 필요한 부분에 공급되어 진다는 사실에 대한 기전은 전혀 연구되지 않았다. SQ는 카르복실기(-COOH)를 가지고 있지 않기 때문에 기름과는 다르며, 심장의 작용을 상승시키고, 상처치유에 효과적이며 혈관 확장과 동맥경화 방지 작용을 하는 것으로 알려져 있다[22]. Kaminura 등[24](1992)은 카페인과 작용·구조가 비슷한 Theophylline과 SQ를 동시투여 하였을 때 배변에서의 Theophylline 배출이 증가되었음이 관

찰되어 SQ가 Theophylline의 배출을 자극한다고 보고하였다.

수은의 체내 주요 축적 부위는 신장, 간, 뇌이며 대변이나 땀으로도 배설되는데 주요 배출 경로는 소변이다. 직업적으로 장기간 폭로된 근로자들에게서 전체 수은 배설량의 약 50%가 소변으로 배설된다고 보고된 바 있다[25]. Brunner 등[26](1985)은 rat에 $HgCl_2$ 를 2, 3, 6, 10mg/kg 피하주사하여 뇨를 통한 수은배출을 조사하였는데, 수은 투여량이 높을수록 배출량이 높아진다고 보고하였다. Foulkes(1974)[27]는 토끼에게 ^{203}Hg 을 투여할 경우 혈액과 뇨로부터 모든 동위원소가 완전히 제거되고 특히 가장 많은 양이 신장에서 발견되는데 이것은 혈액과 뇨로 흡수되기 때문에 충분히 중요함을 가지고 있다고 보고하였다. 또한 Takeda 등[16](1970)은 쥐에 ^{203}Hg 로 방사표지된 에틸수은 20mg/kg를 피하 주사하여 유기수은의 함량은 간보다 신장에서 많았고 시간이 갈수록 증가하였으며 뇨보다는 변에서 많은 수은양이 검출되었다고 보고한 바 있다. Kachru 등[28](1986)은 rat에 ^{203}Hg 5 μ mole/4ml/kg을 복강투여 한 후 48시간 후에 간, 신장, 비장, 그리고 혈액의 수은 잔존율을 측정하였는데 간에서는 $0.60 \pm 0.08\%$, 신장에서는 $9.03 \pm 0.94\%$ 비장에서는 $0.57 \pm 0.03\%$ 그리고 혈액에서는 $0.49 \pm 0.08\%$ 이 측정되었다. Magos[29]는 rat에 $^{203}HgCl_2$ 를 0.12 μ Ci/b.w를 구강으로 투여한 후 24시간 후에 DMSA 40mg/kg을 복강으로 투여하였는데, 대조군의 경우 신장은 $3.2 \pm 0.10\%$, 간은 $7.3 \pm 0.32\%$, 혈액은 $41.5 \pm 1.00\%$ 그리고 뇌에서는 $0.31 \pm 0.011\%$ 인 반면 DMSA를 동시투여한 군에서는 신장은 $2.2 \pm 0.15\%$, 간은 $5.1 \pm 0.23\%$, 혈액은 $28.6 \pm 1.15\%$ 그리고 뇌에서는 $0.22 \pm 0.010\%$ 로 DMSA가 효과적으로 rat의 수은농도와 체내 조직의 손상을 감소시키며, 무기수은, 메틸수은을 복강으로 투여하고 DMSA 19.5mg/ml를 물로 마시게 했을 때 복강투여보다 구강투여가 체내 조직의 감소와 수은의 분비에 더욱 효과적이라고 보고하였다. 또한, 서 등[19](1994)은 흰쥐에 $HgCl_2$ 를 주 1회 2.5mg/kg을 투여와 아울러 마늘즙을 투여하여 혈액과 신장의 수은 함량을 조사하여 마늘즙 투여군이 수은 해독작용에 효과가 있음을 보고하였는데, 이는 nonprotein sulfur amino acid의 일종이며 alliinase에 의해서 alliin으로 분해되어 diallyl disulfide와 함께 마늘의 독특한 냄새를 내는 alliin이 중금속 중독의 가장 유효한 임상적 해독제인 유헤아미노산과 유사한 화학구조를 가지며, 또한 중금속의 독성을 경감시키는 selenium이 마늘에

풍부하게 함유하고 있기 때문이라고 보고하였다. 본 실험에서는 방사성수은을 구강으로 투여한 후 SQ의 효과를 지속시키기 위하여 12시간 마다 추가 구강 투여 하였는데, 수은의 대표적 표적 기관인 신장에서의 침착을 6시간째에 억제시킴을 관찰할 수 있었다.

이는 SQ가 방사성수은과의 착화물을 형성하여 체외로 배출시키기 때문인데, 실제 어떤 분자 구조 결합 형태로 방사성수은과 결합하는 지에 관해서는 연구가 진행되지 못하여 미흡한 부분이라고 할 수 있겠다.

결론적으로 SQ가 방사성수은의 주요 조직 침착을 억제시키는 효과가 있는 것으로 사료되어진다. 하지만, SQ가 생체내에서 어떤 기전을 통해서 침착을 억제시키는 가에 관한 생화학적 분야에 대해서는 연구가 필요할 것으로 사료되어진다.

참고문헌

1. M.C. Lieutenant Philip troen, A. Lieutenant Seymour, M.C. Kaufuman, H. Kermit, M.D. Kats, "Mercuric vichloride poisoning." *New Eng. J. Med.*, 244(13), 459-463(1951).
2. J.F. Afonso, R.R. Alvarez, "Effects of mercury on human gestation." *Am. J. Obstet. Gynecol.*, 60, 145-153(1960).
3. F. Bakir, S. Damluji, L. Amin-Zaki, M. Murtadha, A. Khalidi, S. Tikriti, T. Clarkson, J. Smith, R. Doherty, "Methylmercury Poisoning in Iraq. An interuniversity report. *Scienee.*, 181, 230-240(1973).
4. R. Klein, S.P. Herman, P.E. Brubaker, M.R. Krigman, C. Hill, "A Model of Acute Methyl mercury Intoxication in Rats." *Arch. Path.*, 93, 408-418(1972).
5. L. Friberg, "Studies on the accumulation, metabolism and excretion of inorganic mercury Hg-203 after prolonged subcuraneous administration to rats," *Acta. Pharmacol.*, 12, 411-427(1956).
6. B.J. Koos, L.D. Longo, "Mercury toxicity in the Pregent woman, fetus, and newborn in fant," *Am. J. Obstet. Gynecol.*, 126, 390-409(1976).
7. M.L. Donaldson, C.J. Gubler, "Biochemical effects of mercury poisoning in rats," *Am. J. Clin. Nutr.*, 31, 859-864(1978).
8. S. Yannai, K. Sachs, "Absorption and accumulation of cadmium, lead and mercury from foods by rats," *Food. Chem. Toxicol.*, 31(5), 351-355(1993).
9. A.A. Roman Franco, M. Twirello, B. Abini, E. Ossi, "Antibasment membrane antibodies with antigen-antibody complexes in rabbits injected with mercuric chloride." *Clin. Immunol. Immunopathol.* 9, 404-411(1978).
10. R.W. Ellis, S.C. Fang, "Elimination, Tissue Accumulation, and Cellular Incorporation of Mercury in Rats Receiving an Oral Dose of ²⁰³Hg-Labeled Phenyl mercuric Acetate and Mercuric Acetate," *Toxicol. Appl. Pharmacol.*, 11, 104-113,(1967).
11. K. Kloczkowski, M. Oginski, "Use of Unithiol for Reducing Radiation Hazard of Renal Scintigraphy with Chlormerodrin ²⁰³Hg," *Inter. Urology and Nephrology.*, 5(4), 377-382(1973).
12. J.B. Nielsen, O. Andersen, "Effect of Four Thiol-Containing Chelators on Disposition of Orally Administered Mercuric Chloride," *Human & Experimental Toxicology.*, 10, 423-430(1991).
13. H. Shimada, S. Fukudome, M. Kiyozumi, T. Funakoshi, T. Adachi, A. Yasutake, S. Kojima, "Further study of effects of chelating agents on excretion of inorganic mercury in rats," *Toxicol.*, 77, 157-169(1993).
14. A. Surtshin, "Protective effect of a Sucrose Diet in Mercuric Chloride Poison." *Amer. J. Physiol.*, 190, 271-277(1957).
15. A. Rothstein, A.D. Hayes, "The metabolism of mercury in the rat studied by istope techniques," *J. Pharmacol. Exp. Ther.*, 130, 166-176(1960).
16. Y. Takeda, T. Ukita, "Metabolism of Ethylmercuric Chloride-²⁰³Hg in Rats," *Toxicol. Appl. Pharmacol.*, 17, 181-188(1970).
17. E. Friedheim, C. Corvi, "Meso-dimercaptosuccinic acid, a chelating agent for the treatment of mercury poisoning," *J. Pharm. Pharmac.*, 27, 624-626(1975).
18. R.L. Keith, I. Setiarahardjo, Q. Fernando, H.V.

- Aposhian, A.J. Gandolfi, "Utilization of renal slices to evaluate the efficacy of chelating agents for removing mercury from the kidney," *Toxicology.*, 116, 67-75(1997).
19. 서화중 · 김영수 · 김경수 · 정두례. "마늘즙 투여가 흰쥐의 수은독성에 미치는 영향," 한국영양식량학회지, 23(6), 908-915(1994).
 20. D. Saint Leger, A. Bague, E. Cohen, M. Chivot, "A possible role for squalene in the pathogenesis of acne," *Brit. J. Dermatol.*, 114, 535-542(1986).
 21. Y. Kohno, Y. Egawa, S. Itoh, S. Nagaoka, M. Takahashi, K. Mukai, "Kinetic study of quenching reaction of singlet oxygen and scavenging reaction of free radical by squalene in nbutanol," *Biochem. Biophys. Acta.*, 1256(1), 52-56(1995).
 22. I. T. Budiarmo, "Fish oil versus olive oil." *Lancet.*, 336,1313-1314(1990).
 23. M. Yamawaki, I. Azuma, I. Saiki, M. Uemiya, O. Aoki, K. Ennyu, Y. Yamamura, "Antitumor activity of squalene-treated cell wall skeleton of *Nocardia rubra* in mice," *Gann.*, 69, 619-629(1978).
 24. H. Kamimura, N. Koga, K. Oguri, H. Yoshimura, "Enhanced Elimination of Theophylline, Phenobarbital and Strychnine from the Bodies of Rats and Mice by Squalane Treatment." *J. Pharmacobio-Dyn.*, 15, 215-221(1992).
 25. B. Aberg, L. Ekman, R. Falk, U. Greitz, G. Persson, J. Snihs, "Metabolism of methyl mercury(²⁰³Hg) compound in man. Excretion and distribution." *Arch. Environ. Health.*, 19, 478- 484(1969).
 26. F.P. Brunner, D. Rougemont, M. Rowiani, H. Seiler, G. Thiel, "Renal Mercury Content HgCl₂-Induced Acute Renal Failure in Furosemide/Saline-Protected and neoprotected Rats." *Nephron.*, 41, 94-99(1985).
 27. E.C. Foulkes, "Excretion and retention of cadmium, zinc, and mercury by rabbit kidney." *Am. J. Physiol.*, 227(6), 1356-1360(1974).
 28. D.N. Kachru, S.K. Tandon, "Chelation in metal intoxication XX. : Effect of Pre-treatment with chelators on the distribution of mercury." *Res. Cummun. Chem. Pathol. Pharmacol.*, 52(3): 399-402(1986).
 29. L. Magos, "The effects of dimercaptosuccinic acid on the excretion and distribution of mercury in rats and mice treated with mercuric chloride and methylmercury chloride." *Br. J. Pharmac.*, 56, 479-484(1976).

Table 1. Kidney retention of radiomercury in mice after contamination.

	3h	6h	12h	24h	48h	72h	168h
Group 1	0.46±0.04%	14.36±0.18%	2.26±0.00%	1.22±0.50%	1.21±0.35%	1.03±1.17%	0.51±0.19%
Group 2	0.45±0.31%	1.08±0.09*%	0.79±0.13%	0.58±0.19%	0.69±0.5%	0.41±0.19%	0.36±0.12%

* p<0.05 compared with Group 1

Group 1. General food was fed after radiomercury contamination by per oral

Group 2. Squalene was introduced after radiomercury contamination by per oral

Table 2. Liver retention of radiomercury in mice after contamination.

	3h	6h	12h	24h	48h	72h	168h
Group 1	0.48±0.23%	1.77±0.38%	0.51±0.00%	0.66±0.47%	0.15±0.07%	0.42±0.16%	0.15±0.08%
Group 2	0.45±0.39%	0.33±0.01*%	0.32±0.19%	0.33±0.07%	0.15±0.09%	0.17±0.15%	0.14±0.16%

* p<0.24 compared with Group 1

Group 1. General food was fed after radiomercury contamination by per oral

Group 2. Squalene was introduced after radiomercury contamination by per oral

Table 3. Spleen retention of radiomercury in mice after contamination.

	3h	6h	12h	24h	48h	72h	168h
Group 1	0.03±0.03%	0.07±0.05%	0.02±0.01%	0.02±0.00%	0.01±0.00%	0.02±0.01%	0.01±0.00%
*Group 2	0.02±0.01%	0.03±0.01%	0.03±0.02%	0.02±0.01%	0.01±0.00%	0.03±0.06%	0.00±0.00%

* p<0.05 compared with Group 1

Group 1. General food was fed after radiomercury contamination by per oral

Group 2. Squalene was introduced after radiomercury contamination by per oral

Table 4. Blood retention of radiomercury in mice after contamination.

	3h	6h	12h	24h	48h	72h	168h
Group 1	0.02±0.00%	0.17±0.19%	0.01±0.00%	0.02±0.01%	0.01±0.00%	0.02±0.01%	0.00±0.00%
Group 2	0.02±0.01%	0.02±0.00*%	0.02±0.01%	0.02±0.00%	0.00±0.00%	0.01±0.02%	0.00±0.00%

* p<0.05 compared with Group 1

Group 1. General food was fed after radiomercury contamination by per oral

Group 2. Squalene was introduced after radiomercury contamination by per oral

Table 5. Heart retention of radiomercury in mice after contamination.

	3h	6h	12h	24h	48h	72h	168h
Group 1	0.01±0.00%	0.14±0.11%	0.01±0.00%	0.02±0.01%	0.02±0.00%	0.03±0.02%	0.01±0.00%
Group 2	0.01±0.02%	0.02±0.00*%	0.01±0.00%	0.01±0.00%	0.01±0.00%	0.02±0.04%	0.01±0.00%

* p<0.05 compared with Group 1

Group 1. General food was fed after radiomercury contamination by per oral

Group 2. Squalene was introduced after radiomercury contamination by per oral

Table 6. Skull retention of radiomercury in mice after contamination.

	3h	6h	12h	24h	48h	72h	168h
Group 1	0.19±0.08%	2.07±0.77%	0.15±0.01%	0.19±0.07%	0.20±0.05%	0.17±0.06%	0.04±0.00%
Group 2	0.16±0.11%	0.28±0.08*%	0.17±0.06%	0.19±0.03%	0.16±0.02%	0.11±0.41%	0.03±0.02%

* p<0.05 compared with Group 1

Group 1. General food was fed after radiomercury contamination by per oral

Group 2. Squalene was introduced after radiomercury contamination by per oral