

납의 In Vitro 흡수에 미치는 식이 섬유유의 억제효과

이서래 · 이경숙

이화여자대학교 식품영양학과

A Suppressive Effect of Dietary Fiber on in Vitro Absorption of Lead

Su-Rae Lee and Kyung-Sook Lee

Department of Food & Nutrition, Ewha Woman's University, Seoul

Abstract

In order to examine the suppressive effect of dietary fiber toward the intestinal absorption of lead, an in vitro absorption test using a semipermeable membrane was undertaken. Among dietary fiber components, cellulose showed no suppressive effect, guar gum and carboxymethyl-cellulose, a slight effect whereas citrus pectin and sodium alginate exhibited a remarkable effect. Among fibrous foods tested, rice bran, wheat bran, Chinese cabbage, radish and tangle had a higher suppressive effect while mandarin orange, apple and laver showed a lower effect.

Key words: dietary fiber, lead absorption

서 론

최근 산업의 발달이 가속화됨에 따라 우리나라에서도 중금속 오염이 국민보건을 위협할 정도로 심각해지고 있다. 납(Pb)은 유해성 중금속중 자연계에 널리 존재하는 것으로 인체내에 들어오게 되는 과정은 오염된 식품이나 물의 섭취 등으로 소화기관을 통해 주로 들어오게 되며, 먼지나 공기의 흡입으로 호흡기관을 통하여도 들어오게 된다⁽¹⁾.

납의 독성은 성장부진, 빈혈, 뇌와 신경의 이상 그리고 간, 신장의 장애를 가져오며 이러한 독성은 연령이나 영양상태 뿐만 아니라 식이 조성에도 영향을 받게 된다⁽²⁾. 이때 칼슘, 철분과 같은 필수 무기원소의 장내 흡수가 상호경쟁적으로 작용할 뿐만 아니라 단백질, 지방질, 섬유질 등이 납의 흡수 나아가 독성 발현에 영향을 미치는 것으로 알려져 있다⁽³⁾. 특히 식이섬유의 급원인 해조 다당류에 대해서는 중금속의 흡수억제 및 해독을 위해 외국에서⁽⁴⁻⁸⁾ 뿐만 아니라 국내에서도^(9,10) 약간의 연구결과가 발표되고 있다.

따라서 본 연구에서는 식이섬유가 납의 흡수억제 및 해독작용에 효과를 보일 수 있는지를 알아보기 위하여 식이섬유의 구성성분 및 그의 급원식품에 대하여 장막의 수동수송(passive transport)만을 고려한 반투막을 사용하

여 납의 흡수 실험을 수행하였다.

재료 및 방법

재료

정제된 식이섬유로는 상품으로 판매되는 cellulose, CMC(carboxymethyl cellulose), citrus pectin, guar gum, sodium alginate의 5가지를 사용하였고, 식이섬유의 급원식품으로는 곡류(쌀겨, 밀기울), 과일류(사과, 귤), 채소류(배추, 무우), 해조류(김, 미역)의 8가지를 시장에서 구입하여 건조, 분쇄 후 사용하였다.

반투막으로는 Sigma Chemical Co.의 seamless cellulose dialyzer tubing No. 250-9U(분자량 12,000 이하 투과)를 사용하였다.

In vitro 흡수실험

Crane and Wilson⁽¹⁰⁾의 장치를 Fig. 1과 같이 변형시켜 사용하였다. 즉 이미 농도를 알고 있는 납(lead acetate)용액, 식이섬유와 0.2% glucose를 포함하는 isotonic Tris buffer(pH 7.4) 400ml를 mucosal 용액으로 생각하여 500ml 메스실린더에 넣었다. 이 용액은 37°C로 유지시켰으며 기포발생기(N-3000 SA, 섬광특수화학제품)로 공기를 계속해서 넣어 주어 교반되도록 하였다. 반투막은 소금 용액으로 씻어낸 후 한 쪽 끝은 묽고 다른 끝은 serosal 용액을 취하는데 용이하게 하였으며 반투막 안에 40ml의 Ringer 용액을 넣은 후 유리관

Corresponding author: Su-Rae Lee, Department of Food & Nutrition, Ewha Woman's University, Soodaemun-gu, Seoul 120-750

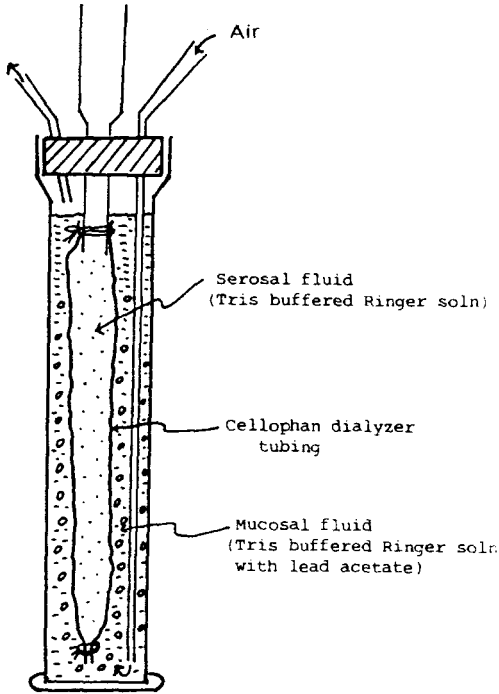


Fig. 1. Modified Crane and Wilson' apparatus for in vitro absorption test.

에 매달아 두었다. 이때 Tris buffer 는 납의 침전을 피하기 위하여 carbonate 또는 phosphate 와 같은 일반적인 buffer 대신에 사용하였다.

납 함량 분석

모든 유리기구 는 납의 오염을 방지하기 위하여 10% 질산용액으로 씻어주었다. Serosal fluid 중의 납 농도는 2ml/씩 취한 다음 0.1N 질산을 2ml/ 첨가하여 2배로 희석시킨 것을 atomic absorption spectrophotometer(Perkin-Elmer Co., Model 2380)로 283.3nm 에서 측정하였다.

결과 및 고찰

시간 경과에 따른 납 흡수

납의 시간 경과에 따른 흡수효과는 Fig 2와 같다. 납만이 존재할 때는 시간 경과에 따라 납의 흡수량이 크게 증가하였으며 시간이 증가함에 따라 반투막 내부로의 삼투속도는 감소하였다. 식이섬유중 cellulose 와 비이온성 다당류인 가용성 전분의 첨가시에는 납의 흡수를 거의 감

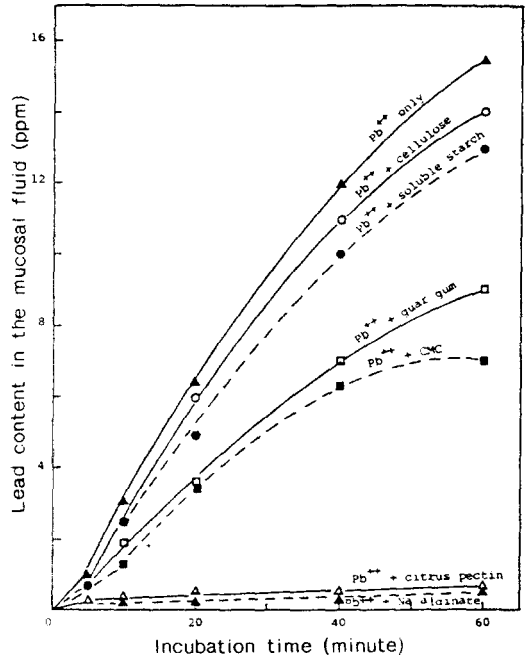


Fig. 2. Effect of dietary fiber on the absorption of lead through a cellophan dialyzer tubing from a solution containing 20ppm lead(acetate) and 0.05% dietary fiber.

소시키지 못하였다. Guar gum 과 이온성인 CMC 의 첨가시에는 납의 흡수를 다소 감소시켰으며, 우리의 일상식품에 함유되어 있는 pectin 과 alginate 의 첨가시에는 납의 흡수를 크게 감소시켜서 시간이 경과하여도 serosal fluid 내의 납 농도는 별로 증가하지 않았다. 따라서 식이섬유중 순수한 cellulose 계통 보다는 noncellulosic polysaccharide 계통이 납 이온과의 결합 또는 흡착을 일으켜 납의 흡수를 감소시키는데 크게 기여할 것으로 생각된다. 그러나 필수 무기원소의 흡수에 어떠한 영향을 미칠것인지 추시되어야 할 것이다.

납의 농도에 따른 납 흡수

납의 흡수를 억제시키는 효과가 인정된 4가지 식이섬유를 첨가시켜 얻은 실험결과는 Fig 3과 같다. 일반적으로 납의 농도가 높을수록 납의 흡수량은 증가하였다. Guar gum 과 CMC 의 첨가시에는 납의 농도가 높아질수록 납의 흡수를 억제시키는 효과가 점점 감소되는 경향을 보여 주었다. 특히 CMC 는 납의 농도가 높아짐에 따라 납의 흡수 억제효과가 guar gum 보다도 떨어지는 결

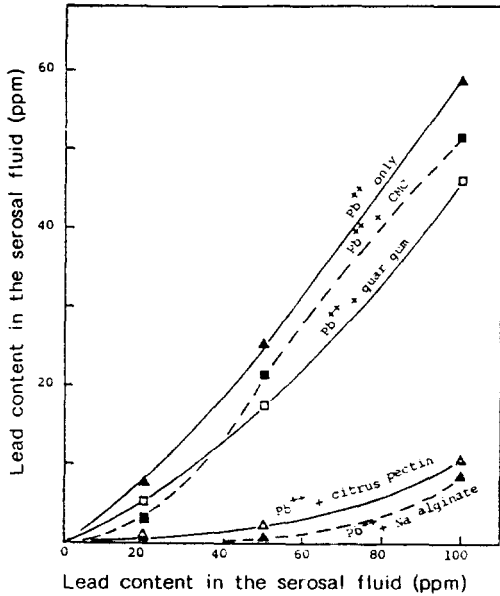


Fig. 3. Effect of lead concentration on the absorption of lead through a cellophan dialyzer tubing from a solution containing leadacetate and 0.05% dietary fiber within 40 minutes.

과를 나타내었다. 이러한 현상은 납과 다당류의 상대적인 농도 비율에 따라 결합력이 달라지기 때문이라 생각된다.

Citrus pectin 과 sodium alginate 의 첨가시에는 납의 농도를 증가시켜도 납의 흡수를 억제시키는 효과가 크게 나타났으며, 납의 농도를 100ppm 까지 높힌 경우에도 납의 흡수를 억제하는 능력이 큰 것으로 나타났다. 따라서 pectin 과 alginate 는 납이 높은 농도로 오염된 경우에도 납과 결합할 수 있는 능력이 커서 납의 흡수를 억제시키는 식이성분으로 이용될 가능성이 높은 것으로 판단된다.

식이섬유의 농도에 따른 납의 흡수억제

식품이 높은 농도의 납으로 오염된 경우 식이섬유의 첨가량을 조절하여 납의 흡수를 감소시킬 수 있는지를 보기 위하여 납의 농도를 100ppm 으로 높이고 식이섬유의 첨가량을 달리하여 실험한 결과는 Fig. 4 와 같다.

CMC 와 guar gum 의 경우는 그의 첨가량을 증가시킬 수록 납의 흡수를 억제시켰으나, 그 억제능력에는 한계성을 가지고 있었다. 한편 pectin 과 alginate 의 경우는 첨가량을 증가시킬 수록 납의 흡수가 크게 억제되었다. 더우기 납의 흡수 억제능력이 커서 높은 농도로 납이

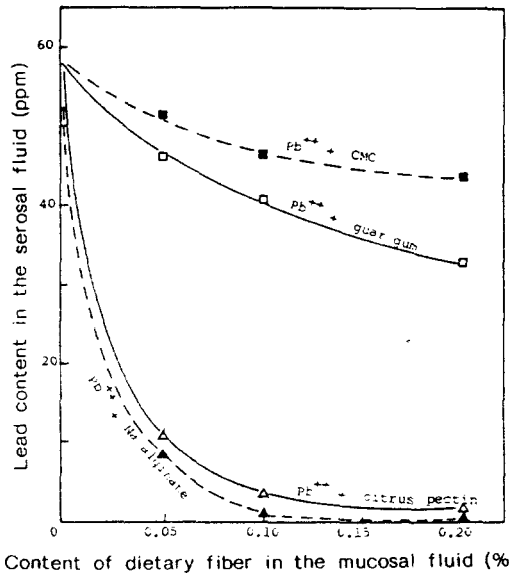


Fig. 4. Effect of dietary fiber content on the absorption of lead through a cellophan dialyzer tubing from a solution containing 100ppm leadacetate and dietary fiber within 40 minutes.

오염된 경우에도 이들 식이섬유 성분의 첨가량을 증가시켜 주면 납의 흡수를 억제시키는데 큰 효과를 나타낼 것으로 기대된다. 따라서 우리가 일상생활에서 pectin 과 alginate 가 함유된 식품을 섭취할 경우 납의 흡수를 억제시킬 수 있는 가능성을 보여 주었다. 본 실험에서는 순수한 식이섬유 성분과 passive transport 만을 고려한 것이며 다른 성분이 공존하는 식품과 장막을 이용한 in vivo 실험에서는 그 결과가 달리 나타날지도 모른다.

섬유질 식품에 의한 납의 흡수 억제

식이섬유의 급원식품에 의해 납의 흡수를 감소시키는 효과를 기대할 수 있는지를 알아보기 위하여 납의 농도를 20ppm 으로 하고 섬유질 식품의 첨가량을 공건물 상태에서 0.05, 0.2%의 수준으로 첨가시켰을 때의 흡수 억제 효과는 Fig. 5 와 같다.

식이섬유의 급원식품중 쌀겨, 밀기울, 배추, 무우, 미역의 경우는 납의 흡수를 억제시키는 능력이 컸으며, 굴, 사과, 김의 경우는 그 능력이 다소 떨어졌다. 이들 식품의 식이섬유 함량과 구성성분이 완전히 밝혀지지 않고 있으므로 식품의 종류에 따른 흡수억제 효과의 차이를 분명히 설명할 수는 없다.

식이섬유 함량에 대한 李 등(12)의 연구에 의하면 건조

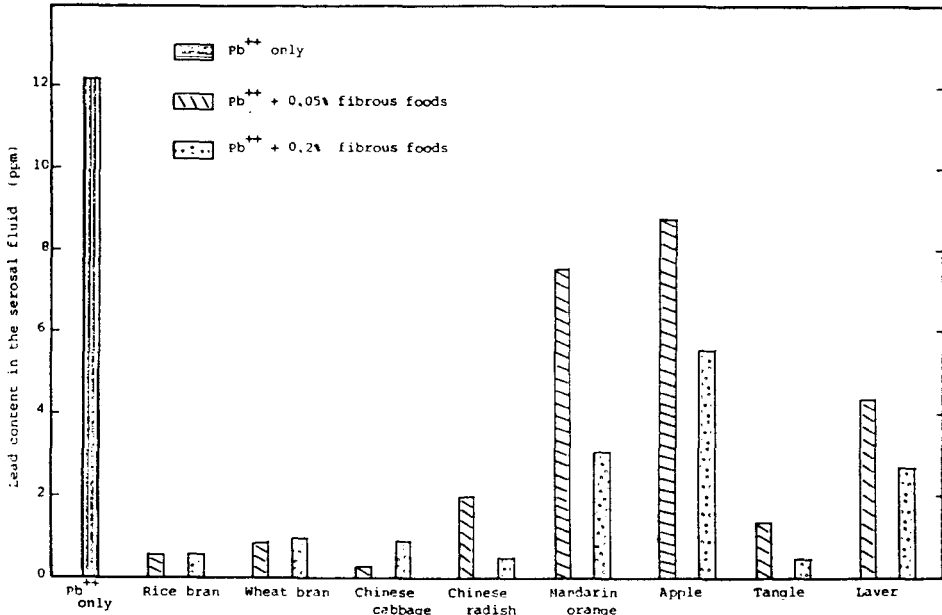


Fig. 5. Effect of fibrous foods on the absorption of lead through a cellophan dialyzer tubing from a solution containing 20ppm lead(acetate) within 40 minutes.

물 기준시 사과 9%, 배추 36%, 무우 26%로 나타났는 바 이것은 식이섬유의 함량이 높은 채소류가 그 함량이 낮은 과일류 보다 납의 흡수 억제효과를 올려준 이유가 될 것으로 생각된다. 또한 과일류의 경우 그의 첨가량을 높여주어 식이섬유의 함량이 커지게 되면 납의 흡수를 억제시키는 능력이 크게 증가하는 것으로 나타났다. 그리고 해조류의 경우 미역이 김보다 납의 흡수를 억제시키는 능력이 크게 나타난 것은 미역에서 alginate의 함량이 높기 때문이 아닌가 생각된다. Alginate의 중금속 흡수 억제효과는 방사성 Sr-90의 해독을 위해 시작된 연구(5,6)로서 카드뮴의 흡수억제를 위한 실험(9,10)에서도 같은 효과가 나타나고 있다.

중금속에 의한 중독 현상을 식이 조성에 의하여 경감시키고자 하는 시도는 Tanaka 등(7,8)에 의하여 연구결과가 발표되고 있다. 그러나, 실제적인 식품섭취에 있어서 공존하고 있는 필수 무기원소의 흡수는 어떻게 될 것인지, 그리고 생체막의 경우 능동수송(active transport)의 가능성은 얼마나 되는지 하는 의문점이 제기될 수 있다. 본 실험의 결과는 고농도의 중금속으로 오염된 식품을 단계적으로 섭취할 때 식이섬유의 효과나 사용 가능성을 제시해 주는 것이며 일상 식사에서 중금속의 흡수 억제를 위한 대책을 제시해 주기 위해서는 더 많은 후속 연

구가 뒤따라야 할 것이다.

요 약

식이섬유가 중금속인 납의 흡수억제 효과를 가지고 있는지를 알아보기 위하여 반투막을 이용한 in vitro 법으로 흡수실험을 실시하였다.

식이섬유중 cellulose는 억제효과를 거의 기대할 수 없었고 guar gum과 carboxymethyl cellulose는 약간 나타났으며 citrus pectin과 sodium alginate는 매우 크게 나타났다. 섬유질 식품중 쌀겨, 밀기울, 배추, 무우, 미역은 납의 흡수억제 효과가 컸으며, 굴, 사과, 김은 효과가 다소 적었다.

감사의 말

본 연구는 한국과학재단 1986-87년도 기초연구비(일반연구)에 의하여 이루어졌으며 “유독성 중금속의 흡수 억제 및 제독에 관한 연구” 제2보로 한다.

문 헌

1. Rabinowitz, M.B., Wetherill, G.W. and Kopple, J.D. : Magnitude of lead intake from respiration by normal man. *J. Lab. Clin. Med.*, 90, 238(1977)
2. Hammond, P.B. and Beliles, R.P. : Metals. In *Toxicology*, Doull, J., Klaassen, C.D. and Amdur, M. O. (ed), Macmillan Pub. Co., New York, Chapter 17, p. 409 (1980)
3. Barltrop, D. and Khoo, H. : The influence of nutritional factors on lead absorption. *Postgrad. Med. J.*, 51, 795(1975)[*Nutr. Rev.*, 39, 363(1981)]
4. Bruce, J.A. and Fung, H.L. : Kinetic characterization of in vitro lead transport across the rat small intestine. *Toxicol. Appl. Pharmacol.*, 61, 39(1981)
5. Waldron-Edward, D., Paul, T.M. and Skoryna, S.C. : Suppression of intestinal absorption of radioactive strontium by naturally occurring non-absorbable polyelectrolytes. *Nature*, 205, 1117 (1965)
6. Sutton, A. : Reduction of strontium absorption in man by the addition of alginate to the diet. *Nature*, 216, 1006(1967)
7. Tanaka, Y. : Application of metal binding properties of marine algae in medicine. *Food-Drugs Sea, Proc. Conf. Drugs Sea*, 2nd, p.351(1970)
8. Tanaka, Y., Hurburt, A.J., Angeloff, L. and Skoryna, S.C. : Application of algal polysaccharides as in vivo binders of metal pollutants. *Proc. Intern. Seaweed Symp.*, 7th, 1972, p.602(1972)
9. 김영배·강명희·이서래 : 카드뮴의 장내 흡수에 미치는 해조 다당류의 영향, *한국영양학회지*, 10(1), 18(1977)
10. 양재승·한성희·이서래 : 카드뮴의 장내 흡수에 미치는 알긴산의 억제효과, *한국영양학회지*, 11(3), 9(1978)
11. Crane, R.K. and Wilson, T.H. : In vitro method for the study of the rate of intestinal absorption of sugars. *J. Appl. Physiol.*, 12, 145(1958)
12. 이경숙·이서래 : 과일 채소중 식이섬유의 분석법 검토 및 함량 분석, *한국식품과학회지*, 19(4), 317(1987)

(1988년 7월 16일 접수)