

弗 素 와 齒 牙

朝鮮大學校 歯科大學 口腔生物學教室

崔 根 培

불소는 식물, 물, 토양에 弗化物의 형태로서 도처에 존재하는 원소이다. 地殼에 融石(불화칼슘), 水晶石 및 弗化鱗石의 형태로서 존재하며 동물조직체에서는 19세기초에 Morichini와 Gay-Lussac가 최초로 검출하였다. 이 원소는 특히 골조직에서 발견되고 연조직과 체액에서도 미량 함유되며 과량으로서는 세포내사에 호소억제체이며, 치아의 건강을 촉진시키는데 있어서 매우 중요한 무기영양소이다. 즉 불소의 농도가 높은 음료수를 섭취시에는 반상치가 발생하고 적절한 농도인 경우 치아우식의 제효과를 갖는다.

I. 斑 狀 齒

반상치는 1901년에 Italy 주민들에게서 발생한 것을 Eager에 의해서 최초로 보고 되었다. 그의 판찰이 U.S. Public Health Reports 紙에 보고되었으나 오랫동안 알려지지 않았다.

그러나 1916년에 Dentel Cosmos紙에 Black이 지금은 반상치로 널리 알려진 齒牙弗素中毒症(Dental Fluorosis)라고 보고한 후에 관심을 갖게 되었다. 그는 Eager의 경우와 마찬가지로 이러한 발육부전의 원인을 음료수에서 찾을려고 노력하였다. Black은 Massachusetts 공업 연구소의 분석자료를 토대로 하여 법랑질의 층발육 실험과 과량의 불소에 기인한다고 결론을 내렸다. 그후 1931년에 Churchill의 화학적 분석과 Smith의 동물실험에 의해서 반상치의 원인이 불소인 것으로 확인되었다. 사람과 동물에게서 발생된 반상치에 관해서는 세계 도처에서 보고되어 왔다. Deeds(1941), Bellinger(1947), Bosworth(1941), English(1951), Gordonaff와 Minder(1960) 및 Takamori(1954)등은 천연적으로 불소가

많은 지역의 반상치 발생에 관하여 보고하였다.

(1) 斑 狀 齒의 記 述

반상치의 상태를 기술하는데에는 Dean(1942)에 의한 일상적인 분류가 도움이 된다. 즉 반상치의深度에 따라 ①정상(법랑질이 반투명한 유리포양이고 치면이 매끄럽고 광택이 있으며 창백한 흰 크림색일 때) ②의문(몇개의 얼룩무늬와 흰 반점이 가끔 있을 때) ③매우미약(작은 불투명한 편편한 흰 부위가 치면의 25%를 능가하지 않을 정도로 존재할 때) ④미약(上記상태가 치면의 50%를 넘지 않을 정도로 심 할 때) ⑤중정도(上記상태가 모든 법랑질면에 퍼져 있고 심한 마모를 보이고 가끔 갈색 반점이 있을 때) ⑥심한정도(발육부전이 뚜렷하여 치아의 일반적인 형태를 갖추지 못하고 분리된 혹은 연합된 흄집이 존재하고 갈색반점이 널리 퍼지고, 치아가 가끔 부식된 형태를 보일 때)로 나뉜다.

(2) 發 生 過 程

반상치는 치아가 봉출하기 전의 법랑질 형성기간에만 불소에 의해서 발생될 수 있다는 사실에 주의를 기울여야 한다.

많은 양의 불소는 법랑아세포의 경상적인 형태에 변화를 초래한다. 즉 긴 원주형세포를 그들의 경상적인 기능을 성취할 수 없는 평평입방세포로 변형시킨다. 현미경하에서의 반상치의 법랑질은 琥珀質結晶柱間有機質이 없거나 미량 존재하며 불완전하게 석회화된 치근을 갖는 것이 특징이다. 법랑질형성에 있어서 활동적인 법랑아 세포는 모든 세포종에서 불소에 대하여 가장 민감하다.

다른조직, 기관, 기능들은 불소의 농도가 매우 높을 때에만 영향을 받는다. 그러므로 반상치는 증가된 불소의 소비에 의해서 생성된 불소증독증의 첫 徵候이다.

(3) 斑 狀 齒의 發 生 頻 度 및 深 度 와 飲 料 水

內弗素濃度의 關係

음료수 불소농도가 0.5~3.9 ppm인 미국내의 네 도시 간의 아동들에서 비교한 통계적 발생빈도의 특징을 살펴 보면 Elgin, Illinois (0.5 ppmF) = 60% 정상, 35% 의문, 1% 미약, 중정도 혹은 심한 반상현상을 보이는 아동은 없었다.

Joliet, Illinois (1.3 ppmF) = 45% 정상, 30% 의문, 20% 매우미약, 3%이하미약, 1천명 중 3~4명이 중정도의 반상현상.

Colorado Springs, Colorado (2.6 ppmF) = 10%이하 정상, 20% 의문, 40% 매우미약, 20% 미약, 10%이하 중정도 1%이상 심한 반상현상.

Amarillo, Texas (3.9 ppmF) = 5%이하 정상, 5% 의문, 15% 매우 미약, 30%이상 중정도, 10% 심한 반상현상을 나타냈다. 한편 음료수 불소농도와 반상치의深度를 비교하면, 미국 10개 주의 22市의 12~14세의 백인 5천 8백24명에 대해서 관찰한것 (Dean, 1942)이 대표적이다. 즉 2~3 ppm에서 매우 미약한, 4 ppm에서 미약한, 5~6 ppm에서 중정도, 14 ppm에서 심한 반상현상을 보이고 있다.

(4) 預 防

U. S. Public Health Service의 Drinking Water Standard에 따르면 어떤 주어진 집단의 아동들에 대한 最適弗素濃度는 섭취되는 물의 양이 기온에 의해서 주로 영향받기 때문에 기후조건에 따라 달라져야 한다. 많은 집단들은 그들 집단의 기온에 대한 下限불소농도 보다 약간 낮게 제공 받아야 한다. 천연적으로 많은 양의 불소를 함유하는 음료수를 섭취하는 집단에서는 불소가 부분적으로 제거되거나 좀더 바람직한 불소농도를 갖는 음료수로 대체 시키는 것이 효과적으로 불소중독증을 감소시킬 수 있다고 기술하고, 평균 기온에 따른 불소농도를 정하고 있으며, 異美的으로 좋지 않은 반상치 발생을 예방하기 위해서는 불소함량을 $2mg/l$ 이하로 그 농도를 유지 하도록 지하수로부터 충분히 제거하도록 정하고 있다.

II. 齒牙齲蝕症

치아우식증 예방에 불소를 이용하려는 생각은 반상치가 우식증에 대한 눈에띄게 저항한다는 1938년 Dean의 보고로부터 시작된다. 2 ppm의상의 불소를 함유하는 음료수를 섭취할 경우 반상치가 발생한다. (Dean, Elvove, 1927)는 발견에 따라 음료수에 1 ppm정도까지 불소의 농도를 증가 시킴으로서 우식증이 억제 된다(Dean 등 1942)는 연구가 그 이후 많이 행하여졌다.

(1) 弗素의 齒牙齲蝕 抑制機轉

불소이온은 치아의 hydroxyapatite와 상호작용하여 fluoroapatite를 형성하고 calcium fluoride가 생기지 않는다는것이 일반적으로 인정되었다. fluoroapatite는 hydroxyapatite보다 용해도가 낮기 때문에 산에 대한 치아의 법랑질용해도는 불소농도의 증가에 따라 감소한다.

이러한 fluoroapatite의 형성은 부분적으로 불소의 치아우식 억제효과에 기여한다. 불소는 뼈의 carbonate나 citrate 함량을 감소시키는 반면에 마그네슘함량은 약간 증가 시킨다. 치아의 화학적 조성에 대한 효과는 아직 확실치는 않으나 치아우식증에 저항하는 방향으로 조성을 변경시키는것 같다. 불소의 함량은 법랑질의 최외층에서 가장 높고 법랑상아경계로 갈수록 감소함은 흥미있는 일이다. 그러나 carbonate의 경우는 이와 반대이다. 이는 불소가 법랑질의結晶度를 높여주는 충분한 증거가 된다. 그러한 관계가 칼슘이나 인에 관하여는 명백하지 않다. 그리고 구강내에서 세균에 의한 酸發生이 불소에 의해서 연장된다는 것도 우식억제효과에 부분적으로 기여한다.

(2) 永久齒와 乳齒에서 齲蝕症發生

태아를 임태하기 전에 임부에게 最適의 불소섭취를 시작해도 유치가 영구치보다 우식억제효과가 적다. 치아의 형태의 분화와 석회화의 시작이 자궁내에서 일어난다는 사실과 증가된 불소가 태아의 혈액순환에 들어가는 태에는 胎盤이 barrier로서 역할을 한다는 사실이 이를 뒷받침하고 있다. 음료수에 불소를 첨가시켜 주는 장점이 아동들에게 국한되지 않고 그 해택은 성인이 될 때까지 계속 된다. 불소함량이 많은 지역에 있어서는 모든 남성군에서 치아우식증의 빈도가 감소 되었다. 치아의 법랑질에 불소를 간격적으로 혹은 계속적으로 갈아주는 것은 최대의 우식증억제효과를 유지하는데에 필요하다. 만약 불소가 봉출전의 치아에 어떤 영향을 미침으로서 치아우식억제 효과를 갖는것은 단지 그러한 효과가 치아 봉출전 말기에 한하여 미치는 것이다.

그기간에 도달하기전에 불소에 대한 노출은 치아우식 억제에 영향을 주지 못한다.

(3) 齒牙齲蝕 經驗度에 對한 弗素攝取效果(飲料水의 弗素化)

불소를 함유한 지하수를 섭취하는 학동과 청년에 있어서의 영구치의 우식증경험도를 1945年과 1954年에 Dean에 의해 미국 21개 도시의 12~14세의 학생들을 대상으로 한 체계적인 조사를 통하여 불소의 함량이 높으면 높을수록 치아우식경험도가 낮았다는 명백한 결론을 얻었다.

치아우식경험도는 불소의 함량과 엄격하게 역비례의

관계에 놓여있지는 않지만 그의 길항작용의 규칙성은 확실하다. Sodium fluoride용액의 국소도포로 시작해서 Stannous fluoride용액, Sodium monfluoride용액 등이 그 이후 개발되었다.

치궁에 알맞도록 고안된 splint에 불소 gel을 매일 도포한다거나 불소의 이동을 용이하게 하기 위해 전기영동장치를 사용하는 정교한 방법이 있는 반면에 구강함취제나 불소치약을 통한 간단한 방법도 있다. 아동들의 치면에 반복적으로 주의 깊게 2%의 NaF_2 용액을 도포하면 그 이듬해 동안에 치아우식증을 최고 40%까지 감소시킬 수 있으며 0.1% 함유하는 불소치약 사용하는 학童에서 20~30% 까지 감소 시킬 수 있다.

(5) 弗素攝取의 其他方法

불소를 섭취할 수 있는 방법으로서는 음료수 다음으로 식염에 첨가하는 방법이 있겠다. 일례로 Swiss에서는 1950년에 NaF_2 함유한 염을 생산하여 국내 소모를 1955년 10만kg에서 1961년 3백만kg까지 증가 시켰다. 밀가루가 어떤 국가에서는 칼슘, 철, 육소 혹은 어떤 비타민들을 첨가시키는 방법으로 이용되어 왔으며 역시 불소 섭취의 매개체로 제시되었다.

미국의 Fluoridation Sensus (1945년부터 1965년까지) 의하면 1945년의 20만명에서 1965년의 6800만명 까지 불소함유 음료수의 혜택을 받게 되었다. 천연적으로 불소를 함유한 지하수를 섭취하는 770만명을 합치면 전 인구의 44%까지 혜택을 받았다. 1963년에 이미 41개국에서 이미 음료수의 불소화가 시행되었고 Ireland는 그 당시 모든 상수도를 불소화하였고 Canada는 1965년도에 전인구의 22%가 혜택을 받았다. 실험적으로 Fluoridation Program 시행하고 있는 국가는 통계적 자료가 없지만 급격히 증가하였다. 이러한 음료수의 불소화에 의한 치아우식증 예방효과는 년령별 및 성별로 명확한 차이는 없다. Dean에 따르면 0.5ppm의 불소가 치아우식증 예방효과의 최소역치로 간주된다.

구성요원, 사회구조, 섭식습관 및 일반적인 생활습관이 같은 집단에서는 불소농도범위에 있어서 역치가 약간의 치아가 있어도 아동들에서 치아우식경험도는 명백한 차이를 보일 수 있다. 치아우식경험도를 감소시키는데 있어서 불소의 예방효과는 위의 여러 인자들에 의해 증감시킨다는 것은 매우 중요하다.

한편 치령이 길면 길수록 그 효과가 더욱 큼은 물론이다. 음료수의 불소화는 안전하고 경제적이며 치아우식감소를 70%까지 가져올 수 있다.

(4) 齒牙齲蝕 經驗에 對한 弗素의 局所塗布效果

불소이온이 인산칼슘과 쉽게 상호작용한다는 법랑질의 apatite까지도 —사실이 알려진 이후 이미 봉출된 치아의 법랑질에 불소를 국소적으로 도포하려는 시도가 행하여져 왔다. 그러한 처리는 치면에 대한 국소적인 효과를 통해서 구강보전을 증가시킬 수 있다고 기대되었다. 즉 특히 높은 농도로서 사용된다면 도포이후 흡착된다. 치아우식 예방효과는 도포의 방법, 치아봉출후의 년령 사전세척 및 치아의 건강도에 따라 그 효과는 차이가 있

(5) 弗素攝取의 其他方法

밀가루의 불소화는 염의 경우와 마찬가지로 화학적 공정을 덜 필요로 하고 대량으로 분산가능하며 조절의 이점이 있다. 그러나 주식이 쌀인 한국에서는 어렵겠다. 경제, 드로프스의 형태로 섭취 가능하다. 미국에서는 경제화하여 분산하고 있다. 이제 이미 봉출치아에 더 좋은 효과를 얻기 위해서 이러한 제품들의 치면에 접착할 수 있는 형태를 취하는 것이 바람직하다. 그외에 우유에 첨가하는 방법이 있겠다. 이번 여러 방법은 경제적으로 접단에 일정하게 공급할 수 있는 음료수의 불소화보다 우식예방효과면에서 낫음을 물론이다.

(6) 齒牙周圍組織에 對한 效果

우식 예방효과를 초래할 수 있는 불소의 섭취증가가 치주조직에 해로운 것이 아니다. 불소가 많은 음료수를 소모하는 아동들에서는 치근의 염증상태가 낫으며 오래지속되지 않는다. 불소농도가 높은 지역의 모든 년령군에서 치아소질의 감소, 더러운 치아 우식증경험의 결과로서, 치주낭의 감소가 치주조직에 대한 이로운 효과로 설명될 수 있다.

(7) 乳齒의 消失과 永久齒萌出에 對한 效果

불소농도가 2.5 ppm 이상인 음료수를 섭취할 때에는 유치의 소설과 영구치의 봉출이 저연된다.

치아우식증 예방에 적절한 농도인 1.0 ppm에서는 이런 결과를 낫지 않는다. 이러한 자연은 음료수의 불소가 직접적으로 작용하는 것이 아니며 유치의 우식경험이 낫은 결과라고 알려졌다. 그러나 유치의 봉출에는 어떤 영향을 미치지 않는 것 같다. 불소가 음료수에 적

澈히 함유되어 있다면 부정교합의 원인제거에도 기여를 한다. 불소량을 증가시킴으로써 어떤 골격성장이나 骨格比例에 어떤 효과를 보인다는 증거는 아직 없다.

III. 要 約

반상치는 치아가 발육하고 석회화하는 동안에 과도한 불소에 영구적으로 노출되었을 때에 발생하며 영구치는 유치에 비해서 더욱 빈번히 불소에 영향을 받으며 그 정도도 또한 더욱 심하다.

일반적으로 반상치는 불소가 너무 많이 함유된 음료수를 소모함으로 발생한다. 사람에 있어서 영구치의 발육 중인 법랑질에서 반상의 현상이 감지될 수 있는 변화가 나타나는 불소농도의 역치는 1.0~1.1 ppm이다. 이보다 높은 농도에서는 반상치의 발생이 그 농도에 비례한다. 고농도의 불소를 함유한 음료수로 부터 불소함량이 적은 음료수로 전환시키면 그 이후 태어난 아이들에 있어서 반상치를 예방할 수 있다. 그러나 이미 형성된 법랑질에 있어서 그 반상상태는 영향을 받지 않는다. 불소 중독증의 첫 경후는 반상치이다. 이러한 반상치에서는 치아우식증 발생이 억제된다.

치아 우식 중 발생 억제하는 불소의 최소 역치는 0.5

ppm이며 음료수를 불소화할 경우 1.0~1.2ppm 함유시키는 것이 치아 우식 억제효과면에서 바람직하다. 불소 섭취방법이 여러 가지 있으나 음료수의 불소화가 가장 좋은 방법이다. 치아우식 억제 효과면에서 직접적이지만 개인적인 노력과 많은 노동시간이 필요한 불소의 국소도포방법도 좋은 결과를 낳는다. 불소의 치아우식증 예방의 뚜렷한 능력 때문에 그를 안전하고 효과적으로 이용하기 위해 커다란 노력이 필요하며 구강보건증강에 이용 될 수 있는 필요 불가결한 부분이다.

4. 主要參考文獻

- 1) P. Adler : "Fluorides and Dental Health" in Fluorides and Human Health, World Health Organization, Monograph Series No. 59, 1970.
- 2) Isadore Zipkin : "The Metabolism and Safety of Fluorides" in the Science of Nutrition and its application in clinical dentistry, edited by A.E. Nitzel, 2nd ed. Saunders, 1966.
- 3) J.H. Simons (Editor) : Fluoride Chemistry, Vol IV. 441-513p Academic Press, 1965.

아-트齒科技工所

서울 서대문구 옥천동 73의 2
(73) 3452 (72) 4237

대표 文 —