

上水道弗素化의 効果

서울대학교 齒科大學 豫防齒科學敎室

金 周 煥

緒 論

齒科疾患中 發生頻度가 가장 높고 多様한 繼發症을 誘發시키는 齒牙齶蝕症의 豫防問題는 齒科界는 勿論 國家的으로 해결해야 할 課題라 할 수 있다.

그러므로 예방치과학 분야의 연구자들은 치아 우식 증의 효과적인 예방법을 探知하려고 多方面으로 끊임 없이 노력하고 있으며, 보건사회부 치무과나 口腔保健 協會에서도 우식증의 地域的 또는 年令에 따른 발생빈 도라던가, 보건소와 학교건강관리소의 기능 및 조직에 대한 기초적 疫學調查를 하는 한편, 口腔보건 思想의 계몽교육과 弗素의 局所塗布, 上水道의 弗素化等을 시, 策으로 정하여 추진하고 있다. 이와 같이 重要한 과제 에 도움이 되고져 上水道水를 弗素化함으로써 기대할 수 있는 치아우식증의 예방효과에 對하여 記述하는 바 이다.

弗素의 性質과 分布

弗素는 Halogen 元素의 一種으로써 淡黃色の 氣體이다. 다른 物質과의 亲和力가 強하여 특히 水素와는 폭 발적으로 化合物한다. 자연계에 광범위하게 분포되어 있 어 弗素는 岩石이나 토양에서는 不溶性인 狀態로 存在 하고 있으며, 特別히 螢石에 많이 함유되어 있다. 磷灰 石이나 水晶石에도 分布되어 있고, 동식물의 조직에도 포함되어 있다.

동물조직중에서는 치아, 골, 연골, 황문근, 피부등에 있으며 玻璃質이나 상아질에서는 弗化 Calcium의 狀 態로 극히 微量이 존재한다. 齶蝕豫防에는 弗化 Soda, 弗化錫, 弗化加里가 사용되고 있다.

弗素를 우식에방에 사용하게 된 유래

1961年 Eager 가 이테리의 Napoli 地方에서 오는 移 民中에서 특수한 치아를 발견하고 chiaie teeth 라 命 명하여 보고하며, 음료수와 關係가 있다는 것을 示唆 한 以後, 1927年 McKay 는 Napoli 地方을 순회 조사 한 결과 pozzuol 地方民에서는 음료수를 변경하였기

때문에 異常치아를 볼 수 없었으나, 우물물을 음료수 로 사용하고 있는 Resine 住民에서는 異常치아가 생기 는 것을 발견하고, 반상치와 음료수와의 關係를 역사 적으로 확인했다.

그후 Fynn, Mccay, Black 등 많은 연구자들이 계속 적으로 꾸준히 조사하고 연구한 결과 음료수중에서도 불소성분이 우식 예방효과를 가지고 있음을 탐지하여 불소가 우식증 예방에 이용되게 되었다.

불소의 우식증 예방기전

弗素가 齒牙齶蝕症을 예방하는 기전에 대하여는 여 러 학자들에 의하여 연구되고 있으나, 아직 완전한 해 명을 못하고 있으며, 현재 학계에서 어느정도 인정되 고 있는 사실은 다음과 같은 3가지로 요약할 수 있다.

첫째 : 불소가 치아형성과정이나, 형성후에 석회화물 질에 존재하는 Hydroxyapatite와 結合하여 용해가 잘 안되는 Fluorapatite를 만들어 耐酸性을 높여주 고,

둘째 : 타액중에서 인산칼슘같은 無機鹽이 치아표면 에 침착되기 좋은 조건을 만들어 준다는 것이며,

셋째 : 酵素係에 弗素가 작용하여 一部에서는 抗進酵 甎를 나타내고, 한편으로는 억제효과를 나타내어 결과 적으로 우식에방효과를 나타낸다는 것이다.

이러한 3가지 기전은 독립적으로 혹은 서로 밀접한 關係를 가지고 우식에방에 관여 한다는 것이다.

법랑질과 상아질의 용해도에 對한 弗素의 作用

여러 학자들의 연구보고에 의하면 100 ppm. 이하 농 도의 용액에 법랑질과 상아질분말을 넣으면 이들을 형 성하고 있는 물질중 Hydroxyapatite의 水酸基가 弗 素와 반응하여 Fluorapatite를 만든다고 하며, 좀더 농도가 높을 경우에는 炭酸鹽이 치환됨에 따라 법랑질 과 상아질의 결정 표면에서는 불화칼슘이나 불화마르베 슴을 만들어서 弗化소다의 흡착이 일어난다는 것이다.

불소와 결합된 조직을 분석해보면, 치아와 골조직에

있어서는 弗化鹽과 탄산염 사이에는 반비례의 관계를 가지고 있어, 불소의 함량이 많으면 탄산염의 함량이 감소되며, 탄산염의 양이 많으면 불소의 함량이 적다고 하였다.

이와 같이 저농도와 고농도의 불소에 대하여 치아경 조직의 반응이 서로 다르다는 것은 우식체에 대한 불소의 작용도 그농도에 따라 작용기전이 다르다는 사실을 말해준다. 즉 2%의 NaF 용액을 국소도포해 주는 경우와 음료수에 1.0ppm의 불소를 가하여 구강내에 불소 이온이 아주 소량 나타날 때에는 우식을 예방하는 기전이 전혀 다르다.

上水道水を 弗素化 해 주면 불소가 Hydroxyapatite와 작용하여 좀더 안정성이 있는 결정구조를 만들고 있는 Fluorapatite를 만들어 酸의 침해에 대하여 저항력을 높여 주며, 아무런 치치도 하지 않은 치아분말과 불소로 처리된 치아의 범랑질분말을 산성용액으로 처리하여 그 溶解率을 比較해 보면 그 값이 실험초기에는 차이가 없으나, 時間의 經過와 더불어 그 용해도의 次異가 현저하다는 사실을 발표할바 있는데 이 사실로 보아서 일단 형성된 Fluorapatite를 용해시킬 경우에는 유리되는 弗素와 칼슘이온이 弗化 Calcium을 만들어, 범랑질 結晶體의 外層을 덮어주는 層을 만들어 酸이 결정체 안으로 더 이상 침투하지 못하도록 방해하므로써 치아 우식증이 예방되는 것이라고 생각할 수 있다.

타액중 무기염의 침착에 대한 불소의 작용

Knappwost가 1951년 8마리의 Hamster를 사용하여, 모든 동물에게 ^{32}P 를 주사하면서, 4마리에는 0.04 mg.의 弗素를 取하게 하고 24日後에 조사해보니, 比較群보다 弗素를 取한 群의 치아에서 ^{32}P 가 더 많이 沈着된 것을 알았다.

이 실험결과로 ^{32}P 가 沈着되는 정확한 부위가 범랑질 表層의 粘糊性細菌層인지, 범랑질 自體에 結合된지는 확실히 밝혀지지 않았으나, Pigman 등은 1960年 口腔과 동일하게 모든 條件을 갖추어 주고 2~10시간동안 산에 서서히 침적시켜, 탈회 및 연화시킨 치아를 1~6 ppm의 弗素를 가한 배양액중에 넣어주면 다시 무기염의 合成이 일어나서 硬度가 높아진다는 결과를 얻었으므로 불소가 인산칼슘의 침착을 촉진시켜 준다고 볼 수 있다. 타액을 遠沈하여 얻은 固形物質을 인산칼슘으로 포화된 상태에서 배양시키면, 석회화 물질이 만들어지며 弗素를 0.2ppm 정도의 낮은 농도로 가해 주어도 한층 빨리 石灰化가 일어난다고 보고한 바도 있다. 이러한 사실이 우식부위에서 일어나는지는

확실히 않으나, 다음과 같은 2 가지 사실로써 그 가능성을 짐작할 수 있다. 즉 동물에 있어서 치아가 萌출한 후에는 우식에 대한 저항이 연령 증가에 따라 증가한다는 것과 석회화가 일어나는 최종 단계에 있어서는 타액의 무기물을 침착하는 때문이라는 사실들이 사람에서도 일어난다면 불소가 이러한 萌출후의 변화를 조장 또는 증가시켜 준다고도 할 수 있으며, 더 나아가서 弗素가 生體에서 唾液內의 인산칼슘의 침착을 조장시켜 준다면 식사직후에 口腔內 세균의 發酵로 因하여 酸이 生成되어 일어난다고 생각되는 탈회가 무기물의 침착으로 再石灰化되어 결과적으로 齶蝕窩洞이 커지는 것을 간접적으로 막을 수 있다.

弗化物の 抗酸素作用

불소가 석회화물의 분해를 억제해주는 효과를 나타낸다는 것은 불소가 구강내에 존재하는 세균에 의한 산생성을 저지 혹은 감소시켜 우식발생을 방지시켜 준다고 생각하는 것이다.

그러나 세균에 의한 酸生成에 대한 불소의 연구에 관한 成績을 보면 1 ppm의 불소는 구강내 세균에 의한 산생성에 대하여 어느 정도의 억제 효과를 나타내는 하나, 세균의 發生을 억제하는데에는 더 높은 농도인 250 ppm의 불소가 필요하다는 것이며, 이 외에도 1 ppm의 弗素도 세균의 酸生成에 억제효과가 있으며, 0.5ppm 정도에서 까지도 극히 소량이지만 통계학적으로 意義있는 산생성의 억제효과를 나타낸다고 하였고, Borei는 곰팡이의 대사기능에 있어서 불소가 산생성의 억제 효과를 나타내는 要素들을 연구하여 곰팡이의 영양상태, pH 및 다른 무기염의 이온 특히 Magesium과 Phosphate가 중요한 요소라고 보고한 바 있고, 그후에 口腔內의 세균에 의한 酸生成에 대한 불소의 영향도 면밀히 연구하여 보통 19 ppm이 구강내세균을 억제할 수 있는 최고의 농도라고 하였다.

Jenkins는 타액과 포도당 혼합물의 酸生成 정도를 보아 불소의 최저농도에 대하여 평가할 目的으로 pH 5.0 되게 유산이나 염산을 가하여 唾液의 pH를 조정하고, 6 ppm의 불소를 설탕물과 반응시키면 시간의 경과에 따라 pH가 상승되고, 불소를 가해주지 않은 비교군에서는 pH가 저하되는 것이 보통이라고 하였으며, 反應液內에 6 ppm 이상의 弗素가 나타날 때 pH가 상승되는 가장 큰 原因을 다음과 같이 설명하였다. 즉 불소가 2 ppm 이상 나타내면 Urease나 Deamination으로 因하여 Amine을 만들어 여러 가지 형태로 Alkali의 生成이 조장되고, 구강내세균의 酸生成能力이 모두 없어지기 때문이라고 한다.

그러나 Jenkins는 1960년에 다시 弗素가 酸의 生成을 억제한다는 사실을 증명하려고 唾液內에 10 ppm의 불소를 加해주면 Alkali의 生成率과 유산鹽의 감소율이 약간 증가는 되나, 이것이 唾液의 pH를 증가시키는 직접적인 원인은 될 수 없다고 주장하고 있다.

그 以外에도 구강내세균 發育과 弗素의 영향에 관한 연구는 많이 볼 수 있다. 特히 口腔內의 세균을 各순수배양시켜 불소의 영향을 보면 특수한 세균에 있어서는 불소가 少量만 나타나도 세균의 CO₂ 산출이 급격히 증가된다고 한다.

飲料水弗素化에 따른 爲害作用問題

1937年 Roholm은 體重 150 pound 되는 사람이 每日 14~68mg의 弗素를 섭취하게 되는 환경에서도 31年間이나 別다른 身體의 障礙없이 作業하였다는 것을 報告하였으며, 이러한 경우 나타날 수 있는 爲害作用으로서는 胃腸病과 骨硬化症이라 하였다. 그런데 Dean과 Mc. Clure는 以上과 같은 환경에서 호기로 섭취되는 양에 비하면 음료를 통하여 최대로 들어가는 양은 비교도 안될 만큼의 미량이라고 주장하였고 Mc. Clure도 骨折과 불소의 섭취량 사이에는 아무런 관련성이 없었으며 체중이나 신장파도 관련이 없었다고 보고하였다 그 이외에도 Mc. Clure, Kinser, Leone 등의 많은 연구보고가 있으나, 음료를 불소화 하여 특별한 위해 작용이 생겼다는 근거는 찾을 수 없었다.

상수도 불소화의 효과

상수도에 불소를 첨가하여 급수하기 시작한 것은 1945년으로써, 처음에는 미국의 Grandrapids와 Newburgh, 캐나다의 Brandford에서 실시하였으나, 2년후인 1947년에는 Mildland, Eheboygan, Evanston, Ottawa, Marschall, Madison 등에서도 하였으며, 그 후 점차 음료를 불소화 하는 곳이 증가되고 있다.

불소화할 때에는 불화소다를 불소의 양으로 1 ppm이 되게 하는 것으로써, 공중에 하등의 수고를 끼치지 않고 저렴한 가격으로 많은 사람들의 우식을 예방할 수 있다는 것이 장점이다.

상수도의 불소화로 우식발생이 억제되는 효과에 대하여는 많은 보고가 있다.

Dean은 미국 21個도시의 아동을 대상으로 상수도 불소화와 우치와의 상관 관계를 조사하여, 1 ppm의 불소가 함유된 음료를 상용하는 아동은 불소가 함유되지 않은 음료를 상용하는 아동보다 우식이환율이 약 1/3 정도 적었다고 보고하였으며, 1947년에는 구강

내 세균수도 불소를 1 ppm 정도로 혼합한 음료를 섭취하는 Newburgh 시 아동에서는 감소하였다고 하였다.

1949年 Bull도 Sheboyan의 상수도 불소화에 의하여 우식발생 억제율이 5-6세에서 27.9%, 9세에서는 19.5%, 12~14세에서는 19.0%라고 발표하였으며, 1950年 Dean은 Grandrapid에서 유치의 경우 4세에서 35.7%, 5세에서 38.9%, 6세에서 28.1%, 7세에서 23.8%, 8세에서 19.0%, 9세에서 4.3%이며, 영구치의 경우는 6세에서 51.3%, 7세에서 59.8%, 8세에서 26.5%, 9세에서 36.4%, 10세에서 27.7%, 11세에서 26.8%, 12세에서 13.0%라고 보고 하였다. 이와같이 음료수에 1 ppm의 불소를 함유시키면 치아우식증의 예방에 좋은 효과를 가져오는데 치아가 萌出되기 전에 불소화된 음료를 섭취한 기간과 밀접한 관계를 가지고 있다고 여러 학들이 보고 하고 있다. 치아가 석회화되는 기간에 전신적으로 불소를 공급받은 사람에게 있어서는 치아우식증의 발생율이 적고, 치아가 萌出된 후 어느 정도 시일이 경과한 다음에 공급을 받으면 점차적으로 우식증의 예방효과가 적게 나타난다는 사실이 D.M.F. 치수를 산출해 봄으로써 밝혀졌다. 또한 같은 치아에 있어서도 각치면에 대한 우식 예방효과에 큰 차이가 있어 치아가 완전히 萌出된 후에 불소화된 음료를 이용하게 되면 평할면에서는 통계적으로 有意한 치아 우식증의 감소를 볼 수 있다는 것이다. Bocker, Dirks, Houwink, Kwant는 5년간 음료수 불소화에 의한 우식예방을 연구하여 불소화된 음료를 섭취하기 시작한 후 1년에 萌出한 제1대구치에서 교합면 근심면 원심면 협측면의 예방효과는 10%, 13%, 27%, 60%이었고, 2년에 萌出한 치아에서는 29%, 35%, 50%, 67%라고 강조하였다.

한편 이들은 불소화된 음료를 사용하므로써 우식의 발생뿐만 아니라 진행되고 있는 우식증에 대하여도 어느 정도 저지한다고 보고한 바 있다. 즉 성인에서도 그 효과는 지속된다는 것이며, 섭취된 불소는 우식증의 예방뿐만 아니라 치조골의 형성에도 관하여하고, 치주염의 감소에도 중요한 역할을 한다고 한다. 그 외에도 음료수 불소화가 우식예방에 미치는 효과에 관하여는 Ast, Fitzgerald, Arnold, Blayney 등 많은 학자들에 의한 보고가 허다하다.

결 론

상수도를 불소화하여 급수한다면 특별한 위해 작용없이, 저렴한 가격으로, 많은 사람의 치아우식증을 비교적 효과적으로 예방할 수 있다고 확신한다.