

Relación entre los Esfuerzos de Compresión Simple y Cantidad de Flúor en el Tejido Oseo

Luz Angela Mena Collazos, Od.*

Palabras claves

Flúor,
Resistencia Osea,
Fluorización.

RESUMEN

Se investigó la relación que existe entre la cantidad de flúor en hueso y la resistencia a la compresión simple del mismo.

Se analizaron 12 muestras de la quinta costilla humana extraídas de cadáveres frescos de no más de 24 horas de fallecidos en el Instituto de Medicina Legal de Medellín. Los cadáveres seleccionados debían tener datos completos de: edad, sexo, lugar de residencia, y una historia médica referida por sus familiares, en la que no presentara antecedentes de enfermedades sistémicas; posteriormente se investigó si en los respectivos sitios de residencia se utilizaba la fluorización del agua.

Los valores de flúor se determinaron con el método descrito por Alhava en 1980, y la resistencia a la compresión simple se determinó mediante el método descrito por Franke (1976).

En los resultados finales no se obtuvieron diferencias estadísticamente significativas entre el contenido de flúor de las muestras óseas y la resistencia a la compresión de las mismas.

* Profesora Asistente Departamento de Estomatología, Facultad de Salud, Universidad del Valle, Cali - Colombia.

INTRODUCCION

En los últimos tiempos se ha desarrollado una gran controversia respecto a si la presencia del flúor en el hueso humano tiene un efecto positivo o negativo en cuanto a la resistencia a la compresión y a la tensión que presenta dicho hueso. Adicionalmente se ha querido establecer cómo se modifica el efecto del flúor sobre el hueso con relación a la edad de las personas.

Los datos de la presente investigación, como estudio piloto, pretenden ayudar a dar una luz en la solución de esta controversia. Además, dilucidar, en nuestro país los efectos del flúor y la relación con la propiedad de resistencia a la compresión.

1. Objetivo

Determinar la relación que existe entre la cantidad de flúor presente en el hueso y las propiedades físicas de resistencia a la compresión simple que presenta el mismo, usando para ello muestras de hueso de la quinta costilla humana.

2. Antecedentes bibliográficos

El hueso es el distintivo de las especies vertebrales y es el único tejido en el cuerpo que está continuamente renovándose a través de la vida. La piel, la mucosa, el riñón y el hígado son remodelados a un grado limitado en respuesta a la edad y demandas funcionales.²¹

En vista de la importancia que se le ha dado al hueso, éste ha sido objeto de investigación desde la antigüedad en animales como bovinos, conejos y embriones de pollo. En el hombre se han hecho estudios a partir de muestras

postmortem tomadas de región cortical y trabecular de fémur, vértebra y costilla.

El flúor (F) es uno de los elementos constitutivos del hueso más potente, pero menos entendido como estimulador de la formación ósea; es esencial en la dieta, es necesario para el crecimiento dental y esquelético.^{2,5,13,18}

La cantidad de flúor en el hueso depende del contenido de flúor en el agua de beber, y su depósito en el hueso se incrementa con la edad (Zipkin et al 1963).^{1,20} La dosis diaria requerida por el organismo es de 1 a 4 mg. Dosis de 20-100 mg/día producen un aumento en la masa esquelética (esclerosis).^{15,16}

El fluoruro es el único ión que continúa depositándose en las estructuras calcificadas cuando los otros componentes óseos ya han alcanzado un estado de equilibrio, como lo demostró en su estudio Zipkin²² en un experimento con agua fluorurada con (1,0, 2,6 y 4,0 ppm. de F) donde observó que el contenido de flúor se acumulaba. Los principales elementos constitutivos del hueso (Ca, P, Mg, Co₃ y citratos) alcanzan pronto su concentración máxima y permanecen constantes.^{9,11,12}

Según Largent, 1961 (OMS)¹⁵ parece existir un equilibrio entre la absorción y el almacenamiento del F por un lado, y la excreción por otro.

Posner et, al, (1963)¹⁶ en un estudio postmortem realizado en especímenes tomados de 20 individuos que habitaban en áreas con flúor, en el agua de beber, encontraron que el flúor mejoraba la cristalinidad de la apatita, aumentando el tamaño de los cristales debido a la incorporación del flúor al cristal por sustitución de OH de la apatita ósea.

Estos cristales resultaban más estables (fluorapatita.^{9,15,16} Este efecto es en gran parte la base para el desarrollo del tratamiento con fluoruro en la disminución de la caries y en el tratamiento de la pérdida ósea en pacientes con osteoporosis.

Gedalia y Mayer⁷ (1982), en un estudio hecho en 72 ratas de 21 días de edad con un peso de 42 gr (se escogieron ratas jóvenes por la rápida incorporación de F⁻), alimentadas con una dieta de 5 partes/10⁶F más agua de beber con 0.3 partes/10⁶ de F⁻, encontraron que el flúor se liberaba de los huesos de las ratas; sin embargo las ratas más viejas presentaron una mayor liberación, presumiblemente por la alta labilidad del F⁻ en el hueso adulto.^{17,18}

Smith²⁰ estableció la hipótesis de que los individuos que ingieran 2 mg de F⁻/diario, deberían experimentar fluorosis esquelética después de 40 años en este régimen, basados en una acumulación de 10.000 partes por millón (ppm) de Fluor en hueso. Esta hipótesis no concuerda con el estudio de Schamschula¹⁵ (OMS), (1970), quien encontró concentraciones de Flúor de 2,085 ppm en 17 sujetos de 70 años que vivían en área fluorurada, resultados comparables con otros estudios obtenidos 20 años atrás en otra comunidad con agua fluorurada.¹⁵

Lindahl, mencionado por Alhava¹, en su estudio realizado en autopsias de sujetos de ambos sexos con un rango de edad entre 14-89, años encontró deterioro en los parámetros de resistencia a la fuerza de tensión en relación con la edad, diferencias entre el sexo y tipo de hueso, e incremento en la resistencia a la fuerza de compresión con la edad.

Estudios realizados por diferentes autores, Evan & Wood, 1976⁵, Franke, 1976⁶, sobre la resistencia a la tensión y resistencia a la compresión, establecieron que la resistencia a la fuerza de tensión parecía disminuir, mientras que la resistencia a la fuerza de compresión aumentaba con un incremento de los valores de flúor en el hueso.^{1,6,10,11,14}

Alhava, et al,¹ (1980), en su estudio de 158 muestras tomadas de la zona de cresta ilíaca durante la realización de las autopsias en el pueblo de Kuopio, donde el agua de beber había sido fluorurada desde 1959, encontraron que el F⁻ aumentaba en el hueso, donde había alto contenido de flúor

en el agua; y que el mayor contenido de flúor en el hueso fue observado en mujeres con osteoporosis severa. También encontraron que la fuerza a la compresión fue más alta en mujeres con enfermedad por inmovilización crónica del área fluorurada en relación con la zona con bajos niveles de flúor. No había diferencia significativa en la fuerza a la compresión en los hombres, ni en la densidad.

El flúor es uno de los más potentes estimuladores de la formación ósea. Farley J., et al, son resaltados en el estudio de Urist M., et al²¹ mostraron por primera vez en células de embrión de pollo y hueso de embrión de pollo en cultivo, que el NaF aumentaba la proliferación de osteocitos como se visualizó por la incorporación de la H-Timidina, y que aumentaba la actividad de la fosfatasa alcalina produciendo hueso. Sin embargo, han demostrado que el efecto del NaF en la incorporación de H-Timidina puede ser modulada por la hormona paratiroidea (PTH) y por el factor de crecimiento.

Harrison, 1981; Baylink, 1983, en estudios in vitro encontraron que el F⁻ aumenta la incorporación de la H-Timidina la cual aumenta la producción de nuevos osteoblastos que estimulan la formación ósea en hueso trabecular²¹.

Jowsey, et al, 1968, demostró que existe la activación de los osteoblastos por el flúor en animales de experimentación tratados con flúor y en humanos con fluorosis.¹

Observaciones clínicas sugieren que la disminución de la fuerza por unidad de tejido óseo en pacientes ancianos con osteoporosis y tratados con flúor está determinada por la masa ósea, la distribución arquitectónica del hueso y otros materiales propios del mismo.^{5,18}

El número de trabéculas en el hueso osteoporótico está por debajo del nivel normal; el flúor sólo aumenta el espesor de la trabécula remanente.⁸

Aunque el mineral óseo ha sido descrito por muchos años como una forma de apatita, no se sabe exactamente cuál es la composición química y el papel del flúor, magnesio, cobre, zinc, dentro del hueso. El flúor in vitro afecta la transformación de la estructura microcristalina y/o la fase amorfa de la apatita sintética, la formación

y expansión del cristal.¹³

Al estudiar el efecto del flúor en la apatita biológica se debe tener en cuenta su relación con otros elementos como la interacción del Mg-F, Zn-F, Sr-F. El Zn y el ZnF mejoran la cristalinidad de la apatita y/o la estructura biológica (Belanger, et al 1977, Lappaliene, Knutilla, 1981)¹²

Lappaliene¹², et al, en un estudio de 88 sujetos postmortem sanos y 50 muertos por enfermedad crónica inmovilizante (tumor maligno, alcoholismo, diabetes mellitus) encontraron que el flúor y el zinc, en ambos grupos aumentaba con la edad y que la concentración de flúor obtenida no producía ningún efecto que previniera la pérdida ósea en mujeres postmenopáusicas con enfermedades crónicas comparado con las muertes repentinas.

Según Quelch, et al, (1983)¹⁸ en un estudio de 22 especímenes de víctimas por accidente, determinaron que el grado de mineralización varía con la edad del individuo, con la especie y localización dentro del esqueleto; ellos observaron que el hueso neonatal y joven tenía bajos niveles de mineral Ca++ y altos niveles de material orgánico, ácido siálico, que el hueso adulto; dos veces más sulfato y glicoproteínas; en cambio el fosfato era igual en el hueso adulto y joven; también el hueso bovino tenía un contenido mineral más elevado que el hueso humano y la principal diferencia entre el hueso animal y el humano es el ácido siálico y la Hidroxiprolina.^{3,4,18}

Zipkin, et al, en un estudio experimental en 37 ratas (de 47 días de edad) que recibieron 0,10,50-100 ppm de F⁻ en el agua de beber durante 25-55 y 144 días encontraron que el citrato disminuía con la edad en las ratas que no recibían flúor y que las ratas que recibían flúor presentaban disminución en la concentración de citratos en relación con el contenido de flúor.²²

3. MATERIALES Y METODOS

3.1 Población

Se tomaron 18 muestras de quinta costilla humana, de su parte distal, obtenidas de cadáveres frescos (no más de 24 horas de haber fallecido), en el Instituto de Medicina Legal de la ciudad de Medellín.

Para conseguir las muestras de los cadáveres se obtuvo la autorización por

parte de los familiares; además estas muestras debían tener completos los datos de: sitio de procedencia, tiempo de permanencia en el lugar, (éste debía ser mayor de 15 años), edad, sexo, no haber padecido enfermedad sistémica, y saber si el lugar de procedencia tenía acueducto con adición de flúor en el agua o no.

Se procesaron 12 muestras de las 18 tomadas inicialmente, seis muestras se descartaron debido a que al verificar nuevamente los datos con los familiares, éstos habían olvidado decir que su familiar padecía de enfermedad sistémica.

3.2 Duración del estudio

El estudio se realizó entre agosto de 1986 y octubre de 1987.

3.3 Tipo de investigación

Experimental, Transversal, Estudio Piloto.

3.4 Instrumento

Para obtener los valores de flúor de cada una de las muestras se utilizó el método de Electrodo Selectivo para el ión flúor, (Orión 94-09), (Alhava, et al, 1980).¹

Para determinar la resistencia a la compresión simple se utilizó el equipo para pruebas de compresión confinada de el Laboratorio de Ensayos Dinámicos de Suelos, de la Interconexión Eléctrica S.A. (ISA), que se encuentra ubicado en la Central Hidroeléctrica de San Carlos, en el departamento de Antioquia.⁶

Para la cuantificación del ión flúor se siguió la técnica descrita por Alhava, et al, 1980.¹

Obtenidas las muestras en el laboratorio de Patología y Microbiología de la Facultad de Odontología de la Universidad de Antioquia, fueron sometidas a los siguientes procedimientos:

-Verificar el buen estado de cada muestra: no debía presentar signo de fractura, desgarre u otro signo que indicara mala calidad; este proceso de verificar se realizó para tener mayor seguridad en la muestra.

-Verificar si la muestra era de tamaño suficiente tanto para obtener la sección que se utilizaría en la cuantificación de flúor como la sección a utilizarse en la prueba de resistencia a la compresión

simple.

-Remoción del tejido no calcificado con bisturí y pinzas bajo un chorro de agua destilada.

-Verificar nuevamente la calidad de la muestra.

-Enjuague con NaCl 0.50 M.

-Dejar sumergida cada muestra en acetona tres veces, cada una durante diez minutos realizando cada vez el cambio de la acetona.

-Dejar sumergida en éter dietílico cada muestra dos veces, cada una durante tres minutos, cambiándolo.

- Separar las muestras para los dos diferentes procesos de medición. A las muestras a las que se les determinó la cantidad de flúor, además del proceso anterior, permanecieron en inmersión durante 24 horas en etanol. Las muestras que se sometieron a prueba de resistencia a la compresión se les realizó secado al medio ambiente, y almacenamiento en el congelador a -20°C. A las muestras seleccionadas para determinar la cantidad de flúor después de sacarlas del etanol se les realizó el mismo procedimiento que a las otras muestras.

Una vez terminado este procedimiento se realizaron las mediciones de cantidad de flúor en el hueso en el Laboratorio de Patología y Microbiología de la Facultad de Odontología de la Universidad de Antioquia según la técnica descrita por Alhava, et al, 1980,¹ y las mediciones de resistencia a la compresión simple en el Laboratorio de Ensayos Dinámicos de Suelos, de Interconexión Eléctrica S.A. en la Central Hidroeléctrica de San Carlos, según Alhava, et al., Franke, et al, 1980.^{1,6}

4. RESULTADOS: DISCUSION

Al analizar los resultados en la tabla 1 se encuentra que los valores de flúor van aumentando, pero los valores de resistencia a la compresión tienen un comportamiento errático, aumentando y disminuyendo; sólo se observa que la muestra N° 7, con una cantidad de flúor de 157.14 ppm y una resistencia a la compresión de 323.16 kg/cm² tiene un comportamiento similar a la muestra N° 12 con valores de 164.18 ppm y 313.53 kg/cm², presentándose a continuación una elevación notable en los valores de cantidad de flúor en las muestras 8 y 4, pero una disminución notable en los valores de resistencia a la compresión, 527.27 y 672.40 ppm con 39.76 y 38.14 kg/cm²

respectivamente; con estos dos resultados se podría establecer comparación con el estudio realizado en 1983 por Lappalainen, et al,¹² quienes encontraron que el aumento de flúor no producía ningún efecto en aumentar la resistencia del hueso a los diferentes esfuerzos; se presenta nuevamente un cambio bastante importante donde los valores de flúor se incrementan a 1,052 ppm y después a 3,027 ppm y los valores de resistencia a la compresión aumentan a 337.50 y 266.25 respectivamente; éstos serían los únicos resultados que se relacionarían con los estudios de Evans & Wood⁵ y Franke,⁶ 1976, quienes encontraron que existe relación entre el aumento de la cantidad de flúor en hueso y el aumento de la resistencia a la compresión, pero los resultados del presente estudio no son estadísticamente significativos como para dar una conclusión sobre este problema tan discutido.

Tabla No. 1 Comparación de muestras según cantidad de flúor, resistencia a la compresión y edad, ordenadas según cantidad de flúor.

No. de muestra	Cantidad de Flúor en ppm	Resistencia a la Compresión simple en Kg/Cm ²	Edad
5	105.75	114.34	26
9	107.46	110.50	27
1	124.58	78.61	23
3	125.33	290.86	20
2	139.66	62.43	64
7	157.14	323.16	25
12	164.18	313.53	20
8	527.27	39.76	25
4	672.40	38.14	30
6	1,052.00	337.50	24
11	3,027.00	266.25	24

En relación a la variable edad respecto a la cantidad determinada de flúor no se encontró ninguna relación entre estos dos datos; es necesario tener una muestra más amplia para poder definir si se encuentra alguna relación.

En relación a la variable sexo no se reportó ninguna diferencia debido a que en la muestra sólo se encontraron dos cadáveres de sexo femenino.

En relación a los sitios de residencia de

las personas de las cuales se tomaron las muestras tampoco se presentó diferencia porque la mayoría de muestras provenían de sitios donde se fluoraba el agua; sólo una muestra correspondió a sitios donde no se adicionaba flúor al agua.

En esta investigación se presentaron varios inconvenientes para la toma de la muestra debido a que ésta debía obtenerse de cadáveres frescos (24 horas de haber fallecido) y era difícil que llegaran al Instituto de Medicina Legal de Medellín cadáveres con estas condiciones, así como obtener la autorización por parte de los familiares.

5. CONCLUSIONES

Debido al tamaño de la muestra los resultados obtenidos no fueron estadísticamente significativos, por lo cual se recomienda realizar otro estudio ampliando el tamaño de la muestra.

SUMMARY

The relationship between the amount of fluoride in bone and its resistance to simple compression was investigated.

12 samples were analyzed from the 5th rib of human beings taken from fresh corpse with no more than 24 hours after death, in the Legal Medicine Institute of Medellín.

The chosen corpses should have complete data concerning: age, sex, place of residence (address) and a clinical history referred by its relatives, and it couldn't

present any previous systemic illness; subsequently a research in their different places of residence was done, to investigate if the water used contained fluoride.

The importance of fluoride was determined with the method described by Alhava in 1980, and the resistance to simple compression was determined throughout the method described by Franke (1976).

In the final results no statistically significant differences were obtained between the amount of fluoride in the bone sample and its resistance to compression.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. ALHAVA, E.M.; OLKKONEN, H.; KAURANEN, P., and KARI, T. The effect of drinking water fluoridation on the fluoride content, strength and mineral density of human bone. *Acta Orthop. Escan* 51: 413-420, 1980.
2. BERNARD, B., Glycoproteins in the local mechanism of calcification. *Clin. Orthop. And Related Res.* 162:233 - 244, 1982.
3. BILTZ R.M and PELLEGRINO, E.D. The composition of recrystallized bone mineral. *J. Dental Res.* 62: 1190-1195, 1983.
4. EANES, E.D. The Influence of Fluoride on the seeded growth of apatite from stable supersaturated solutions at p. H. 7.4. *J. Dent Res.*, 59: 144-150, 1980.
5. EVANS, F.G. & WOOD, J.L., Mechanical properties and density of bone in a case of severe endemic fluorosis. *Acta Orthop. Scand.* 47: 489-495, 1976.
6. FRANKE, J.; RUNGE, H.; GRU, P.; FENGLER, F.; WANKA, C.; & REMPEL, H. Physical Properties of fluorosis bone. *Acta Orthop. Scand* 47: 20-27, 1976.
7. GEDALIA, I.; MAYER, I.; GIRON, J. and DEUSTSCH, D. Fluoride deposition in the bones of rats determined by fluoride and X-ray diffraction analysis. *Arch. Oral Biol.*, 27:

823-825, 1982

8. GRAY WILLIAMS. "Osteología". Barcelona Ed. S.A. Mallorca. 263-298, 1985.
9. JUNQUEIRA, L.C. "Basic Histology". J. Carneiro 3a ed. 134-142, 1980.
10. KUSINTZ, M. After 40 years no signs of decay in fluoride controversy. *New York State Journal of Medicine.* April, 203-206, 1984.
11. LANDIN, L. and NILSSON, B.E. Bone mineral content in children with fractures. *Clinical Orthop. and Related Research*, 178: 292-296, 1983.
12. LAPPALAINEN, R.; KNUUTTILA, M.; LAMMI, S.; ALHAVA, E.M & OLKKONEN, H. Zn and Cu content in human cancellous bone. *Acta Orthop. Scand.* 53: 51-55, 1982.
13. LAPPALAINEN, R. et al. Fluoride content related to the elemental composition mineral density and chronic disease Persons, *J. Chronic Dis.* 36: 707-713, 1983.
14. NOGAMI, H. and OOHIRA, A. Postnatal new bone formation. *Clinical Orthopod and Related Research* 184:106 -113, 1984.
15. ORGANIZACION MUNDIAL DE LA SALUD, *Fluoruros y Salud.* No. 59. Ginebra, 1972.
16. POSNER, A.S., EANES, E.D.; HARPER, R.A. and ZIPKIN, I. X-Ray diffraction analysis of the effect of fluoride on human bone apatite. *Arch. Oral Biol.*, 8: 549-570, 1963.
17. POSNER, A.S. et al. Bone structure, Composition and mineralization. *Orthop. Clinics of North America*, 15: 1-16, 1981.
18. QUELCH, K.J.; MELICK, R.A.; BINGHAM, P.J.; MERCURI, S.M. Chemical Composition of Human Bone. *Arch Oral Biol*, 28: 665-674, 1983.
19. SMITH, C.B. & SMITH, D.A. Relations between age, mineral density and mechanical properties of human femoral compacta. *Acta Orthop. Scand.* 47: 496-502, 1976.
20. SMITH, G.E. Fluoride and Bone an unusual Hypothesis. *Australian Dental Journal* June, 199-201, 1984.
21. URIST, M.R.; LIETZE, A.; MIZUTANI, H.; TAKAJI, K.; TRIFFITT, J.T.; AMSTUTZ, J.; DELANGE, R. TERMINE, J. and FINERMAN, G.A.M. A Bovine low molecular weight bone morphogenetic protein (BMP) Fraction, *Clinical Orthopedic and related Research*, 162: 219-231, 1982
22. ZIPKIN et al. The effect of fluoride on the citrate content of the bones of the growing rat. *Arch. Oral Biol.*, 8: 119-126, 1963.