

فلوئوراید در آب های زیرزمینی و بیماری فلوئوروسیس دندان در رومشکان، غرب استان لرستان سارا رشنودی^۱، صدیقه بطالبویی^{۲*}، حکیمه امانی پور^۲، محمدرضا کتابداری^۳

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشکده منابع طبیعی دریا، گروه زمین شناسی دریا، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر

*۲- استادیار، دانشکده منابع طبیعی دریا، گروه زمین شناسی دریا، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر

۲- استادیار، دانشکده منابع طبیعی دریا، گروه زمین شناسی دریا، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر

۳- هیات علمی پژوهشگاه علوم و فنون هسته ای، سازمان انرژی اتمی، تهران

*ایمیل نویسنده مسئول: sblooie@gmail.com

تاریخ دریافت: ۹۸/۰۳/۲۰ تاریخ پذیرش: ۹۹/۰۲/۱۰

چکیده

هدف از این مطالعه تاثیر غلظت فلوئور در آب های آشامیدنی بر بیماری فلوئوروسیس دندان با استفاده از تخمین غلظت بهینه فلوئور و مقدار مصرفی آن در گروه های سنی می باشد. برای ارزیابی رابطه بین غلظت فلوئور و رخداد فلوئوروسیس در آب های زیرزمینی، ۱۹ نمونه آب زیرزمینی و ۱۹ نمونه خاک جهت تعیین اسیدیته آن به روش استاندارد جمع آوری شد. ۴۲ درصد نمونه های آب غلظت بالاتر از ۱/۵ میلی گرم بر لیتر استاندارد سازمان بهداشت جهانی بود. دوز بهینه مصرف فلوئور ۰/۷۱ میلی گرم بر لیتر محاسبه شد و با در نظر گرفتن فلوئور موجود در نمونه های آب، مقدار جذب فلوئور در گروه های سنی بزرگسالان، کودکان و نوزادان به ترتیب، ۰/۰۳، ۰/۰۹ و ۰/۲۱ تعیین شد، این در حالی است که کمینه ریسک تعیین شده توسط آژانس بیماریها و مواد سمی، ۰/۰۵ میلی گرم بر کیلوگرم در روز است.

کلمات کلیدی

"غلظت فلوئور"، "غرب لرستان"، "غلظت بهینه"، "آب زیرزمینی"

Fluoride in groundwater and the incidence of dental fluorosis in Roomeshkan, western Lorestan province

Sara Rashnuodi¹, Sedigheh Battaleb-Looie^{2*}, Hakimeh Amanipoor², Mohammad Reza ketabdari³

1. Msc student, Marine Geology Dept, Khorramshahr University of Marine Science and Technology.

*2. PhD. Marine Geology Dept, Khorramshahr University of Marine Science and Technology.

3. MSc. Academic Research, Science and Technology, Atomic Energy Organization, Tehran

*Email Address : sblooie@gmail.com

Abstract

The aim of this study was to determine the impact of high concentration of fluoride in drinking water on dental fluorosis by using the optimal dose of fluorine and its intake in different age groups. To assess the relationship between fluoride concentrations in drinking water and the incidence of fluorosis in study area, 19 groundwater samples as well as 19 soil samples have been collected to measure the fluoride content and acidity of soil respectively. The concentrations of fluoride of 42% water samples were higher than value recommended by World Health Organization. The optimal amount of fluoride in groundwater for study area is 0.71 mg/L. The estimated fluoride intake from drinking water is in the three age groups of adults, children and infants is 0.03, 0.09 and 0.21. However the minimum risk of 0.05 mg per kg per day calculated by Agency for Toxic Substances and Disease Registry.

Keywords

"Dental fluorosis", "Western Ilam province", "Optimal Dose", "groundwater"

نمونه‌ها نیز دارای غلظتی بزرگتر یا مساوی ۱/۵ میلی‌گرم بر لیتر می‌باشند. که این بازه از غلظت فلئوئور، فلئوئوروسیس دندان را تشدید می‌کند (شکل ۲).

جدول ۱- غلظت عنصر فلئوئور و pH نمونه های آب

کد نمونه	نوع منبع	pH	F ⁻
نمونه ۱	چشمه (شرب)	۷/۲۱	۰/۶۵
نمونه ۲	چشمه (شرب)	۷/۲۵	۰/۶۷
نمونه ۳	چشمه (شرب)	۷/۳۰	۰/۶۹
نمونه ۴	چشمه (شرب)	۷/۲۵	۰/۷۸
نمونه ۵	چاه (شرب)	۷/۱۸	۱/۹
نمونه ۶	چاه (شرب)	۷/۲۵	۱/۰۲
نمونه ۷	چاه (شرب)	۷/۲۸	۱/۰۵
نمونه ۸	چاه (شرب)	۷/۲۹	۱/۳۲
نمونه ۹	چاه (شرب)	۷/۲۵	۱/۱۵
نمونه ۱۰	چاه (شرب)	۷/۳۲	۱/۵
نمونه ۱۱	چاه (شرب)	۷/۳۵	۱/۵
نمونه ۱۲	چاه (شرب)	۷/۳۵	۱/۲۸
نمونه ۱۳	چاه (شرب)	۷/۳۲	۱/۵۵
نمونه ۱۴	چاه (شرب)	۷/۲۸	۱/۱۵
نمونه ۱۵	چاه (شرب)	۷/۲۶	۱/۲۴
نمونه ۱۶	چاه (شرب)	۷/۳۸	۱/۵
نمونه ۱۷	چاه (شرب)	۷/۱۱	۱/۵
نمونه ۱۸	چاه (شرب)	۷/۱۵	۱/۵
نمونه ۱۹	چاه (شرب)	۷/۲۷	۱/۵

شکل ۲- شکل ظاهری دندان مبتلا به فلئوئوروسیس در منطقه مورد مطالعه



استیرر قرار داده تا کاملا مخلوط شود آنگاه مخلوط به دست آمده را به مدت یک تا دو ساعت رها کرده تا به تعادل برسد و با استفاده از دستگاه pH متر کالیبره شده، پایه بالایی خوانده می‌شود. اندازه گیری غلظت فلئوئور در آب، در آزمایشگاه با استفاده از روش رنگ سنجی SPADNS و با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر مدل DR-5000 (شرکت Hatch) ساخت کشور آمریکا استفاده شد (Eaton et al., 2005).

۳-۲- محاسبات

۱-۳-۲- تخمین غلظت بهینه در منطقه

عوامل اقلیمی محیط بر دوز بهینه فلئوئور در آب آشامیدنی اثر گذار می‌باشند لذا، برای به دست آوردن میزان غلظت بهینه فلئوئور در آب آشامیدنی منطقه مورد مطالعه از فرمول زیر استفاده شد (Messaitfa, 2008): رابطه (۱)

$$D(\text{mg/l})=0.34/(-0.038)+(0.0062*T_m)$$

رابطه (۱)

D: مقدار بهینه مقدار بهینه فلئوئور در آب (میلی‌گرم بر لیتر)
T_m: میانگین حداکثر دما بر حسب فارنهایت

۲-۳-۲- تعیین غلظت دریافتی فلئوئور در گروه های سنی

برای محاسبه غلظت دریافتی فلئوئور، سه گروه سنی بزرگسالان با میانگین وزن ۷۰ کیلوگرم، کودکان با میانگین وزن ۲۰ کیلوگرم و نوزدان با میانگین وزنی ۶ کیلوگرم در نظر گرفته شدند. برای محاسبه غلظت فوق از فرمول زیر استفاده شد (Jha et al., 2010).

$$ED=C/BW*WI \quad \text{رابطه (۲)}$$

براساس این رابطه ED دوز مصرفی بر حسب میلی‌گرم بر کیلوگرم در روز، C مقدار فلئوئور در ماده مصرفی بر حسب میلی‌گرم بر کیلوگرم، BW وزن شخص و WI مقدار مصرف آب بر حسب لیتر بر روز است.

۳- نتایج و بحث

جدول ۱ غلظت عنصر فلئوئور و pH نمونه های آب را نشان می‌دهد. گستره غلظت فلئوئور نمونه‌های آب منطقه مورد مطالعه از ۰/۶۵ میلی‌گرم بر لیتر تا ۱/۹ میلی‌گرم بر لیتر، متغیر است. استاندارد فلئوئور در آب های زیرزمینی ۱/۵ میلی‌گرم بر لیتر می‌باشد (WHO, 2006). اثرات سلامتی استفاده طولانی مدت از آب فلئوئوردار در جدول ۲ خلاصه شده است (Dean, 1934). براساس دسته بندی فوق، میانگین غلظت فلئوئور برای نمونه‌های آب زیرزمینی منطقه مورد مطالعه در همین جدول (۲) آورده شده است. حدود ۴۲ درصد از کل نمونه‌ها آب آشامیدنی، غلظت فلئوئور بیش از استاندارد سازمان بهداشت جهانی (WHO) دارند (جدول ۲). غلظت فلئوئور در دو گستره ۱/۵-۰/۵ و $\geq 1/5$ میلی‌گرم بر لیتر (Dean, WHO 2006) نشان می‌دهد که حدود ۵۸ درصد از نمونه‌ها بین ۰/۵ تا ۱/۵ میلی‌گرم بر لیتر بوده که در محدوده استاندارد سازمان بهداشت جهانی قرار می‌گیرد. این محدوده فلئوئور باعث رشد دندان‌ها شده و استخوان را تقویت می‌کند و باعث محکم شدن آنها می‌شود، و ۴۲ درصد

جدول ۲- گروه بندی غلظت فلئور، براساس شاخص دین (Dean, 1934)

٪	تعداد	میانگین فلئور	گستره غلظت فلئور (میلی گرم بر لیتر)	اثرات سلامتی
۰٪	۰	۰	< ۰/۵	پوسیدگی دندان
۴۲٪	۱۱	۱/۰۱	۰/۵ - ۱/۵	ترویج بهداشت دندان
۵۸٪	۸	۱/۵۶	≥ ۱/۵	فلئوروسیس دندان
۰٪	۰	۰	≥ ۴	فلئوروسیس دندان و فلئوروسیس استخوانی
۰٪	۰	۰	≥ ۱۰	فلئوروسیس استخوانی شدید

۱۹ نمونه خاک با میانگین (pH: ۸/۱۷) شرایط قلیایی در خاک‌های منطقه را نشان می‌دهد که باعث شسته شدن فلئور از خاک و ورود آن به آب می‌شود و این امر باعث افزایش غلظت فلئور در آب در حضور کانیهای فلئور دار می‌شود.

جدول ۳- pH در ۱۹ نمونه خاک

نمونه	pH	نمونه	pH
10	8.38	1	8.01
11	8.52	2	8.39
12	8.38	3	8.19
13	7.75	4	8.02
14	7.80	5	8.33
15	8.21	6	7.9
16	8.15	7	8.3
17	7.99	8	8.31
18	8.44	9	7.86
19	8.39	10	8.38
میانگین	8.18	11	8.52

برای تخمین غلظت بهینه با استفاده از رابطه ۱ با فرض مصرف ۲ لیتر آب آشامیدنی در طول روز و میانگین دمای بیشینه ۲۸/۳ درجه سانتی‌گراد معادل ۸۲/۹۴ فارنهایت، غلظت بهینه فلئور در آب آشامیدنی این منطقه ۰/۷۱ میلی‌گرم بر لیتر است. این در حالی است که استاندارد جهانی، ۱/۵ میلی‌گرم بر لیتر برای فلئور گزارش کرده است که در منطقه مورد مطالعه این مقدار می‌بایست به زیر ۱ میلی‌گرم بر لیتر کاهش یابد. برای تعیین دوز دریافتی فلئور در گروه های سنی مقدار آب مصرفی در نوزادان و کودکان به ترتیب ۱ و ۱/۵ لیتر و برای بزرگسالان ۲ لیتر در نظر گرفته شد (جدول ۵) (Jha et al., 2010; Viswanathan et al., 2009), (Messaitfa, 2008) محاسبه ها براساس میانگین غلظت فلئور (۱/۲۴ میلی‌گرم بر لیتر) انجام شده است. مقدار دوز مصرفی کل (TDI) برای کودکان و نوزادان به ترتیب ۰/۰۹ و ۰/۲۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم بر روز است که ۴/۱۳ و ۱/۸۶ برابر کمینه ریسک (۰/۰۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم بر روز) اعلام شده توسط آژانس مواد سمی و ثبت بیماری‌ها است (Levy, 1994). این مقدار برای بزرگسالان ۰/۰۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم بر روز است که ۰/۷۱ برابر کمینه ریسک ۰/۰۵ است. همانطور که مشخص است کودکان و نوزادان در معرض دریافت بالایی از فلئور در اثر نوشیدن آب‌های زیرزمینی منطقه قرار دارند.

گستره pH آب های آشامیدنی از ۷/۱۱ تا ۷/۳۸ با میانگین pH ۷/۲۸ است که در محدوده خنثی تا قلیایی قرار می‌گیرد. در آب‌های اسیدی فلئور معمولاً جذب کانی‌های رسی می‌شود، در حالی که در شرایط قلیایی فلئور از سطح کانی جدا و در آب حل می‌شود. منشأ اصلی فلئور در آب‌های زیرزمینی، سنگ‌های حاوی کانی فلئور می‌باشد (Avtar et al., 2013). محتوای فلئور آب‌های زیرزمینی می‌تواند ناشی از فرایندهای هوازدگی / آبشویی صورت گرفته بر روی کانی‌های فلئوردار باشد (Singh et al., 2011). سرنوشت نهایی فلئور محلول در خاک به میزان زیادی وابسته به جذب سطحی شدن توسط کانی‌های رسی موجود در خاک دارد (Karthikeyan et al., 2005; Agarwal et al., 2002a). آب‌های زیرزمینی با مقادیر pH پایین، فلئور جذب سطحی کانی‌های رسی شده که منجر به کاهش غلظت آن در آب می‌شود. در شرایط قلیایی آب‌های زیرزمینی گروه‌های هیدروکسیلی (OH⁻) جایگزین فلئور تبادل پذیر کانی‌هایی مانند مسکویت و بیوتیت شده و غنی‌شدگی فلئور در آب‌های زیرزمینی صورت می‌گیرد (Avtar et al., 2013). بنابراین pH محیط نقش بسزایی در فرایند تبادل آنیونی داشته و هر چه شرایط قلیایی‌تر باشد امکان وا جذب فلئور از کانی‌های رسی بیشتر می‌شود. غلظت بالای فلئور (بیش از ۳۰ میلی‌گرم بر لیتر) می‌تواند ناشی از فرایند تبادل یونی (بین OH⁻ و F⁻) برخی از کانی‌های رسی مانند کلریت، میکای دگرسان شده و اکسی هیدروکسیدها که به طور معمول در خاک‌های برجا و نهشت های رسوبی حضور دارند، باشد (Battaleb-Looie et al., 2012). جداول ۴ نتایج اندازه‌گیری pH را در خاک نشان می‌دهد. اسیدیته خاک منطقه مورد مطالعه در

جدول ۴- دوز دریافتی در گروه‌های سنی مختلف در منطقه مورد

مطالعه

پارامترها	بزرگسال	کودک	نوزاد
وزن بدن کیلوگرم (Jha et al., 2010)	۷۰	۲۰	۶
میانگین غلظت فلئوئور در آب	۱/۲۴	۱/۲۴	۱/۲۴
مصرف آب لیتر بر روز (Fantong, 2010)	۲	۱/۵	۱
دوز مصرفی فلئوئور در آب میلی‌گرم بر لیتر	۰/۰۲	۰/۰۹	۰/۲۱
استاندارد مصرف فلئوئور (Levy, 1994)	۰/۰۵		
قرار گرفتن در معرض خطر	۰/۷۱	۱/۸۶	۴/۱۳

۴- نتیجه‌گیری

۴۲ درصد نمونه های آب های آشامیدنی منطقه مورد مطالعه دارای غلظت فلئوئور بیش از استاندارد سازمان بهداشت جهانی (۱/۵ میلی‌گرم بر لیتر) هستند. قلبیائتیه بالای نمونه های آب زیرزمینی و خاک، باعث غلظت بالای فلئوئور در نمونه‌های آب می‌شود. با احتساب ۲ لیتر آب مصرفی در روز و دمای میانگین ۲۸/۳ درجه سانتی‌گراد غلظت بهینه مصرف فلئوئور در منطقه مورد مطالعه ۰/۷۱ میلی‌گرم بر لیتر برآورد می‌شود. این بدان معنی است در صورتی که غلظت فلئوئور در آب‌های آشامیدنی بیش از ۰/۷۱ میلی‌گرم بر لیتر باشد، خطر ابتلای فلئوروسیس در بین ساکنین منطقه افزایش می‌یابد. دوز مصرفی محاسبه شده به ترتیب برای بزرگسالان، کودکان و نوزادان ۰/۹۸، ۲/۵۸ و ۵/۷۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم در روز است که معادل با ۰/۷۱، ۱/۸۶ و ۴/۱۳ برابر کمینه ریسک (۰/۰۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم در روز) است.

References

- Agarwal M., Rai K., Shrivastav R., Dass S. (2002). A study on fluoride sorption by montmorillonite and kaolinite. *Water, air, and soil pollution*, 141, 247-261.
- Aghanabati SA. (1383). *Geological Iran*, published by the Geological Survey and Mineral Exploration country, p. 586.
- Alavi M. (2004). Regional stratigraphy of the Zagros fold-thrust belt of Iran and its proforeland evolution. *American journal of Science*, 304, 1-20.
- Apha A. (1998). *Wpcf. Standard methods for the examination of water and wastewater*. ۲۰،
- Avtar R., Kumar P., Surjan A., Gupta L., Roychowdhury K. (2013). Geochemical processes regulating groundwater chemistry with special reference to nitrate and fluoride enrichment in Chhatarpur area, Madhya Pradesh, India. *Environmental earth sciences*, 70, 1699-1708.
- Battaleb-Looie S., Moore F., Jafari H., Jacks G., Ozsvath D. (2012). Hydrogeochemical evolution of groundwaters with excess fluoride concentrations from Dashtestan, South of Iran. *Environmental Earth Sciences*, 67, 1173-1182.
- Bazvand M. (2004). *Hydrvzhymvrfvlvzhy review lowland basin Romeshgan* Master's Thesis Faculty of Geography Islamic Azad University, Najaf Abad.
- C. Singaraja, S. Chidambaram, Noble Jacob, G. Johnson Babu, S. Selvam, P. Anandhan, E. Rajeevkumar, K. Balamurugan, K. Tamizharasan. (2018). Origin of high fluoride in groundwater of the Tuticorin district, Tamil Nadu, India. *Applied Water Science*, 8:54.
- Dean HT. (1934). Classification of mottled enamel diagnosis. *The Journal of the American Dental Association* (1922), 21, 1421-1426.
- Dehbandi Reza., Moore Farid., Keshavarzi Behnam., Abbasnejad Ahmad. (2017). Fluoride hydrogeochemistry and bioavailability in groundwater and soil of an endemic fluorosis belt, central Iran. *Environmental Earth Sciences*. 76(177).
- Dobaradaran S, Mahvi AH, Dehdashti S, Abadi DRV, Tehran I. (2008). Drinking water fluoride and child dental caries in Dashtestan, Iran. *Fluoride*, 41, 220-226.
- Eaton A, Clesceri L, Rice E, Greenberg A, Franson M. (2005). *Standard methods for the examination of water and wastewater: Washington, DC, American Public Health Association*.
- Fantong WY, Satake, H., Ayonghe, S.N., Suh, E.C., Adelana, S.M., Fantong, E.B.S., Banseka, H.S., Gwanfogbe, C.D., Woincham, L.N., Uehara, Y. and Zhang, J. (2010). Geochemical provenance and spatial distribution of fluoride in groundwater of Mayo Tsanaga River Basin, Far North Region, Cameroon: implications for incidence of fluorosis and optimal consumption dose. *Environmental geochemistry and health*, 32(2), pp.147-163.

- Guo Q, Wang Y, Ma T, Ma R.(2007) .Geochemical processes controlling the elevated fluoride concentrations in groundwaters of the Taiyuan Basin, Northern China. *Journal of Geochemical Exploration*, 93, 1-12.
- Jacks G, Bhattacharya P, Chaudhary V, Singh K. (2005). Controls on the genesis of some high-fluoride groundwaters in India. *Applied Geochemistry*, 20, 221-228.
- Jha S, Nayak A, Sharma Y. (2010). Potential fluoride contamination in the drinking water of Marks Nagar, Unnao district, Uttar Pradesh, India. *Environmental geochemistry and health*, 32, 217-226.
- Karthikeyan G, Pius A, Alagumuthu G. (2005). Fluoride adsorption studies of montmorillonite clay. *Indian Journal of Chemical Technology*, 12, 263-272
- Levy SM, (1994). Review of fluoride exposures and ingestion. *Community dentistry and oral epidemiology*, 22(3), pp.173-180.
- Mesdaghinia A, Vaghefi KA, Montazeri A, Mohebbi MR, Saeedi R. (2010). Monitoring of fluoride in groundwater resources of Iran. *Bulletin of environmental contamination and toxicology*, 84, 432-437.
- Messaitfa A. (2008). Fluoride contents in groundwaters and the main consumed foods (dates and tea) in Southern Algeria region. *Environmental geology*, 55, 377-383.
- Priyadarshini Singh, Harshita Asthana, Vikas Rena, Pardeep Kumar, Jyoti Kushawaha, Saumitra Mukherjee. (2018). Hydrogeochemical processes controlling fluoride enrichment within alluvial and hard rock aquifers in a part of a semi-arid region of Northern India. *Environmental Earth Sciences*, 77:475.
- WHO (2006). *Global tuberculosis control: surveillance ,planning, financing: WHO report 2006*.
- Singh J, Mishra N, Banerjee S, Sharma YC. (2011). Comparative studies of physical characteristics of raw and modified sawdust for their use as adsorbents for removal of acid dye. *BioResources*, 6, 2732-2743.
- Annadurai S T, Rengasamy K J, Sundaram R, Munusamy A P. (2014). Incidence and effects of fluoride in Indian natural ecosystem: A review *Advances in Applied Science Research*, 5(2):173-185
- USEPA, U. (1997). *Exposure factors handbook*. Office of Research and Development, Washington.
- Viswanathan G, Jaswanth A, Gopalakrishnan S. 2009. Mapping of fluoride endemic areas and assessment of fluoride exposure. *Science of the total environment*, 407, 1579-1587.
- WH.O (2006). *Guidelines for drinking-water quality [electronic resource]: incorporating first addendum*. Vol. 1, Recommendations.