

مقاله پژوهشی

تعیین مقدار فلوئور موجود در آب آشامیدنی شهرهای همدان و بهار از سال ۷۷ لغایت ۷۸

مهندس محمدرضا سمرقندی*، دکتر غلامحسین صدیقی**

چکیده:

این مطالعه با هدف تعیین میزان فلوئور موجود در آب آشامیدنی شهرهای بهار و همدان طی بهار ۷۷ لغایت بهار ۷۸ اجرا گردید.

پس از انجام مطالعه مقدماتی حجم نمونه لازم طی یکسال برای شهر همدان ۱۲۰ و شهر بهار ۳۰ نمونه برآورد گردید. جهت بررسی نمونه‌ها از نظر حداقل و حداکثر غلظت مجاز فلوئور در آب آشامیدنی از استانداردهای اعلام شده توسط مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران استفاده شد.

نتایج نشان داد که میانگین یکساله فلوئور موجود در آب آشامیدنی شهرهای همدان و بهار به ترتیب ۰/۱۹۸ و ۰/۶ میلیگرم در لیتر میباشد که براساس استانداردهای توصیه شده کمتر از حداقل لازم با توجه به درجه حرارت در فصول مختلف است. یافته‌ها نشان داد که تفاوت غلظت فلوئور در آب دو شهر از لحاظ آماری معنی دار است ($P < 0/001$). این تفاوت به تفکیک مقایسه فصول مختلف نیز صادق بود. با استفاده از آزمون شفه مشخص گردید که اختلاف غلظت در فصول مختلف مربوط به بائین بودن غلظت فلوئور آب هر دو شهر در فصل تابستان میباشد ($P < 0/001$).

باتوجه به نتایج بدست آمده از این تحقیق میتوان گفت که میانگین غلظت سالیانه فلوئور موجود در آب آشامیدنی شهر همدان اختلاف معنی داری با حداقل غلظت فلوئور مورد نیاز استاندارد دارد. در فصل تابستان این اختلاف فاحشتر است ($P < 0/001$). البته غلظت فلوئور آب شهر بهار اگر چه به میزان استاندارد نزدیکتر میباشد ولی از نظر آماری باز هم این اختلاف معنی دار است ($P < 0/001$). در پایان توصیه میشود جهت رفع این کمبود ابتدا از محلول‌های دهانشویه بخصوص برای کودکان دبستانی و سپس بعنوان طرحی اساسی تزریق فلوئور به آب آشامیدنی به اجرا گذارده شود.

کلیدواژه‌ها: آب / فلوئور

مقدمه:

حفظ سلامت جامعه هدف اولیه و اصلی مسئولین بهداشتی محسوب می گردد جهت نیل به این هدف مجموعه ای از عوامل را باید تحت نظارت و کنترل داشت. آب، هوا، غذا، و محیط سالم از جمله این عوامل محسوب می شود. کیفیت آب مصرفی افراد جامعه تأثیر بسزائی بر سلامت افراد آن جامعه خواهد داشت. مواد مختلفی که از طریق آب شرب به بدن افراد می رسد در حفظ سلامت آنان نقش مهمی دارا می باشد و البته کمبود یا فزونی برخی از اینگونه مواد نیز می تواند عوارض زیادی را بدنبال داشته باشد. از جمله اینگونه مواد فلئور می باشد. این ماده به مقدار ناچیزی در جیره غذایی افراد وجود داشته و عمده ترین راه جذب آن از طریق آب آشامیدنی می باشد (۱). در مناطقی که مقدار فلئور موجود در آب آشامیدنی کمتر از مقادیر تعیین شده باشد طبق تحقیقات صورت گرفته موارد بروز پوسیدگی دندان بالا می باشد (۲،۳). از طرف دیگر وجود غلظتهای بالاتر از حد تعیین شده نیز می تواند مشکلات استخوانی دیگری را بدنبال داشته باشد.

فلئور عنصری از خانواده هالوژنها محسوب می شود. گازی است خورنده به رنگ زرد مایل به سبز، این عنصر فعالترین ماده غیر فلزی شناخته شده است که تقریباً با تمام عناصر چه آلی و چه غیر آلی ترکیب شده و تولید فلوراید ها را می نماید. وزن اتمی آن ۱۸/۹۹۸، عدد اتمی ۹، دانسیته ۱/۶۹۶ و ظرفیت آن، یک می باشد. فلئور در طبیعت به شکل فلورسپار (CaF₂) و نیز کریولیت (Na₃AlF₆) مشاهده می شود. از این عنصر و ترکیبات آن در تولید اورانیم و بیش از یکصد محصول تجاری شیمیائی حاوی فلئور همچون پلاستیکهای مقاوم به حرارت استفاده می شود. عنصر فلئور آزاد دارای بوئی زننده است که در غلظتهای کمتر از ۲۰ ppb نیز که کمتر از حد استاندارد آبهای سالم است، قابل تشخیص می باشد. در آبهای سطحی متوسط غلظت ثبت شده فلئور ۰/۲ mg/l، (۰-۶/۵ mg/l) است. در آبهای زیر زمینی این مقدار نسبت به جنس لایه های خاک متفاوت است. این غلظت در آبهای زیرزمینی موجود در مناطق حاوی سنگ آهن، دولومیت و رس ۰/۴-۰/۳ mg/l، در مناطق حاوی صخره های قلیائی ۷/۸ mg/l و در مناطق حاوی صخره های بازالتی کمتر از ۰/۱ mg/l و

بالاخره در مناطق حاوی صخره های گرانیتی ۹/۲ mg/l مشاهده می شود. مقدار فلئور موجود در اتمسفر بسیار اندک بوده (۰/۰۵ mg/l)، بطوریکه نسبت به کل فلئور قابل جذب بدن قابل اغماض می باشد. (۴)

رژیم غذایی متعادل حاوی مقادیر اندکی فلئور در مقایسه با آب آشامیدنی که می تواند تا بیش از ۰/۵ mg/l فلئور داشته باشد را داراست. در مواردیکه آب آشامیدنی بطور طبیعی مقدار ناچیزی فلئور داشته باشد و در ضمن عمل فلئور زنی مصنوعی نیز در آن صورت نگیرد، تغذیه تنها منبع جذب فلئور خواهد بود. (۱)

فلئور از جمله عناصری است که در غلظتهای مناسب قادر است به مقدارزیادی از پوسیدگی دندانها جلوگیری نماید و از طرف دیگر در مقادیر بالا نیز می تواند بسیار آسیب رسان باشد خلاصه ای از تحقیقات صورت گرفته در این مورد بشرح ذیل است.

۱- هنگامیکه غلظت فلئور آب آشامیدنی در حدود ۲-۱ mg/l باشد، موارد بروز فلئوروزیس دندان (Dental Fluorosis) بسیار اندک گزارش شده است.
۲- جذب طولانی مدت فلوراید در غلظتهای بالاتر از ۴ mg/l می تواند باعث بروز فلئوروزیس بدون علائم (Asymptomatic Dsteosclorosis) در درصد کمی از افراد شود.

۳- فلئوروزیس فلجی (Crippling Fluorosis) در بین افرادی که در معرض ۴۰-۱۰ mg/l فلوراید بوده اند مشاهده شده است.

۴- اگر غلظت فلئور در آب آشامیدنی حداقل ۰/۸ mg/l باشد، کاهش زیادی را در بروز پوسیدگی دندان (Dental Caries) شاهد خواهیم بود همچنین اگر این غلظت به ۳ mg/l برسد، سرعت بروز این کاهش به نهایت خود خواهد رسید.

۵- بدون هیچگونه شکی می توان گفت حضور طبیعی و یا افزودن مصنوعی فلئور به آب آشامیدنی در غلظت حداقل ۰/۸ mg/l (۰/۸-۱/۲ mg/l) باعث کاهش کرم خوردگی دندان (Dental Cavities) و یا پوسیدگی دندان (Tooth Decay) به میزان ۶۰ درصد خواهد شد. همچنین مشخص شده است که افزایش فلئور تا ۳ mg/l حتی درصد بیشتری از کاهش پوسیدگی دندان را بدنبال خواهد داشت. اما در این غلظت مشکل لکه دار

نیز نمونه برداری طی ماههای مختلف سال موجب انتخاب این شهر بعنوان دومین شهر مورد مطالعه گردید. در این تحقیق مقدار فلئوئور موجود در آب آشامیدنی شهرهای همدان و بهار بطور متوسط فصلی تعیین گردیده و ضمن مقایسه فصلی، غلظت آنرا در دو شهر یاد شده با مقادیر استاندارد مقایسه خواهیم نمود.

روش کار:

ابتدا بر اساس یک مطالعه مقدماتی تعداد نمونه لازم ۱۲۰ نمونه برای شهر همدان و ۳۰ نمونه برای شهر بهار بر آورد گردید. سپس نمونه برداری در کلیه فصول سال، از بهار ۷۷ لغایت بهار ۷۸، از کلیه نقاط این دو شهر از روی نقشه ای که قبلاً جدول بندی شده بود انجام شد. تعداد نمونه لازم برای هر شهر بر حسب فصول و ماه های مختلف سال و بصورت تصادفی از نقاط مختلف شهرها برداشت شد. نمونه ها در ظروف پلی اتیلن جمع آوری و به آزمایشگاه انتقال داده می شد. روش آنالیز نمونه ها مطابق با روش ارائه شده در کتاب استاندارد متد (FD. SPADNS - 4500) بوده است (۶).

بر اساس اطلاعات جمع آوری شده در طی ماههای مختلف، میانگین غلظت فصلی فلئوئور تعیین گردید. داده های جمع آوری شده با استفاده از نرم افزار آماری Minitab و بر اساس آزمون های آماری t-test و نیز آنالیز واریانس مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته و مقایسه های فصلی و مقایسه با مقادیر استاندارد انجام گردید.

نتایج:

میانگین و انحراف معیار غلظت فلئوئور موجود در آب آشامیدنی شهر همدان در طی یکسال و بر حسب فصول مختلف در جدول مشاهده میشود. جهت مقایسه غلظت فلئوئور در فصول مختلف از آزمون آماری شفه استفاده گردیده است که نتیجه این آزمون آماری در جدول آمده است. این نتیجه نشان داد که میانگین فلئوئور در فصول مختلف از نظر آماری معنی دار بوده و این اختلاف مربوط به فصل تابستان نسبت به سایر فصول میباشد (P < ۰/۰۰۱). این اختلاف در نمودار ۱ بخوبی مشاهده می شود.

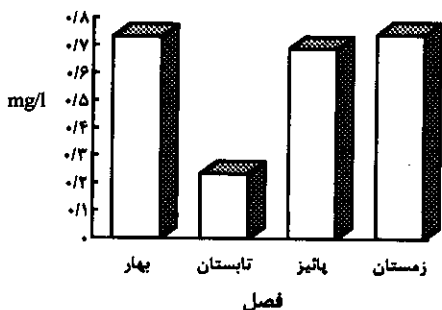
شدن دندان (Motling) در بین کودکان بروز خواهد نمود (در غلظتهای بالاتر از ۲mg/l).

باتوجه به نتایج فوق میتوان گفت فلئوئورزی به آب در صورت لزوم در غلظتهای مناسب روشی ایمن در کنترل پوسیدگی دندانها محسوب می شود (۵).

مطالعات نشاندهنده آنست که افزودن فلئوئور به آب آشامیدنی و رساندن غلظت آن به بیش از ۰/۶mg/l باعث کاهش موارد خرابی دندان در کودکان در حال رشد خواهد شد و بهترین وضعیت هنگامی می باشد که غلظت فلئوئور به حدود ۱mg/l برسد. حداکثر غلظت قابل قبول فلئوئور در آب آشامیدنی در حرارت ۱۲°C - ۸°C به میزان ۱/۵mg/l و در حرارت ۲۵°C - ۳۰°C، ۰/۷mg/l میباشد (۴).

بنابراین بدلیل اهمیت این عنصر قبل از هرگونه تصمیم گیری در خصوص تأمین فلئوئور مورد نیاز افراد جامعه لازم است اطلاعات دقیقی از وضعیت مقدار این ماده در آب آشامیدنی آنان که راه عمده جذب این عنصر به بدن انسان است داشت. به بیان دیگر هرگونه برنامه ریزی بمنظور بهینه سازی کیفیت آب آشامیدنی و سالم سازی آن نیاز به بررسی وضعیت موجود میباشد. اگرچه این بررسی در کلیه شهرهای استان همدان ضرورت دارد، اما بدلیل محدودیت اعتباری در این مقطع زمانی تصمیم گرفته شد که در مرحله اول دو شهر همدان و بهار انتخاب گردند. در این انتخاب همدان بدلیل اهمیت آن بعنوان مرکز استان و همچنین دارا بودن بیشترین جمعیت شهر استان و به نتیجه بیشترین مشترکین شبکه توزیع آب برگزیده شد، از طرف دیگر با یک بررسی مقدماتی در خصوص غلظت فلئوئور موجود در آب آشامیدنی شهر های استان همدان مشخص گردید که شهر بهار دارای مقدار فلئوئور نسبتاً قابل ملاحظه ای بوده و تفاوت معنی داری را در این خصوص نسبت به سایر شهرها دارا میباشد. بطوریکه در تست مقدماتی متوسط غلظت فلئوئور آب آشامیدنی شهر همدان ۰/۲۹ میلی گرم در لیتر (که سایر شهرهای استان نیز تفاوت قابل ملاحظه ای با این میانگین نداشته اند) در صورتیکه در مورد شهر بهار این مقدار ۰/۷۴ میلی گرم در لیتر یعنی بیش از ۲/۵ برابر ملاحظه شد که اختلاف کاملاً معنی دار است. از طرف دیگر سهولت دسترسی به شهر بهار با توجه به امکانات حمل و نقل و

نمودار ۲ این اختلاف را بخوبی نشان می دهد. در این بررسی همچنین میزان فلئور آب در دو شهر همدان و بهار، به تفکیک فصول مختلف با هم مقایسه گردیده است.



نمودار ۲: تغییرات فصلی فلئور در آب آشامیدنی شهر بهار در سال ۷۸-۱۳۷۷

در جدول ۳ نتایج آزمون بعمل آمده مشاهده میشود. این مقایسه نیز نشان داد که غلظت فلئور آب آشامیدنی در دو شهر نسبت به یکدیگر در هر فصل نیز بطور معنی داری متفاوت است ($P < 0.001$).

جدول ۳: مقایسه میانگین و انحراف معیار مربوط به غلظت فلئور (mg/l) موجود در آب آشامیدنی شهر همدان و مقایسه آن با بهار

| شهر | فصل | | | |
|--------------|--------------|-------------|-------------|-------------|
| | بهار | تابستان | پائیز | زمستان |
| همدان | میانگین | 0.12222 | 0.25833 | 0.23167 |
| | انحراف معیار | 0.09891 | 0.11589 | 0.13222 |
| بهار | میانگین | 0.12222 | 0.23500 | 0.16900 |
| | انحراف معیار | 0.07396 | 0.25586 | 0.11158 |
| نتیجه آزمون* | | | | |
| | | $P < 0.001$ | $P < 0.001$ | $P < 0.001$ |

* برای هر فصل مستقلاً آزمون انجام شد

جدول شماره ۴ غلظت فلئور موجود در آب شرب شهر های همدان و بهار را با حد اقل غلظت فلئور مورد نیاز استاندارد که بر اساس متوسط حد اکثر درجه حرارت ۵ ساله این دو شهر تعیین شده است مقایسه می کند. همانگونه که در این جدول مشاهده می شود غلظت فلئور در هر دو شهر (بخصوص همدان) در کلیه فصول سال از حد اقل غلظت فلئور استاندارد مورد نیاز کمتر است. این امر بخصوص در فصل تابستان شدید تر است.

جدول ۱: میانگین، انحراف معیار مربوط به غلظت فلئور موجود در آب آشامیدنی شهر همدان در طی یکسال و نتیجه آزمون آماری مقایسه در فصول مختلف

| فصل | میانگین mg/l | انحراف معیار | نتیجه آزمون |
|---------|--------------|--------------|-------------|
| بهار | 0.23167 | 0.09891 | $P < 0.001$ |
| تابستان | 0.12222 | 0.11589 | |
| پائیز | 0.25833 | 0.13222 | |
| زمستان | 0.23167 | 0.12222 | |
| یکسال | 0.19762 | 0.12667 | |



نمودار ۱: تغییرات فصلی فلئور در آب آشامیدنی شهرستان همدان در سال ۷۸-۱۳۷۷

جدول ۲ میانگین و انحراف معیار غلظت فلئور در آب آشامیدنی شهر بهار را در طی یکسال و بر حسب فصول مختلف نشان میدهد. در این جدول نیز علاوه بر میزان غلظت فلئور در فصول مختلف نتیجه آزمون آماری برای مقایسه غلظت در فصول مختلف نیز آمده است. در این مقایسه نیز از آزمون آماری شفه استفاده گردید و آزمون بیانگر یک رابطه معنی دار آماری میباشد ($P < 0.001$). اختلاف مشاهده شده مربوط به کم بودن غلظت فلئور در تابستان نسبت به سایر فصول میباشد.

جدول ۲: میانگین، انحراف معیار مربوط به غلظت فلئور موجود در آب آشامیدنی شهر بهار در طی یکسال و نتیجه آزمون آماری مقایسه در فصول مختلف

| فصل | میانگین mg/l | انحراف معیار | نتیجه آزمون |
|---------|--------------|--------------|-------------|
| بهار | 0.12222 | 0.07396 | $P < 0.001$ |
| تابستان | 0.23500 | 0.25586 | |
| پائیز | 0.16900 | 0.11158 | |
| زمستان | 0.16900 | 0.09662 | |
| یکسال | 0.15958 | 0.25913 | |

زیرزمینی و کاهش تماس آبهای نفوذی با لایه های حاوی ترکیبات فلئوئور است میتواند دلیل نقصان غلظت فلئوئور در فصل تابستان باشد.

همچنان درخصوص غلظت فصلی فلئوئور در طی فصول مختلف در دو شهر می توان گفت با توجه به اینکه استاندارد غلظت فلئوئور در آب آشامیدنی تابع درجه حرارت است (۴،۵) ملاحظه میگردد که غلظت این ماده با توجه به درجه حرارت فصول مختلف شهرهای همدان و بهار کمتر از حداقل غلظت استاندارد فلئوئور مورد نیاز در آبهای آشامیدنی که توسط مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران در شماره استاندارد ۱۰۵۲ آورده شده است، میباشد. این مشکل بخصوص در فصل تابستان حادثتر است زیرا برطبق استاندارد با توجه به متوسط حداکثر درجه حرارت تابستان (۳۳/۷°C)، حداقل غلظت فلئوئور در آب شرب می باید $0/6 \text{ mg/l}$ باشد حال آنکه این مقدار در شهر همدان $0/081 \text{ mg/l}$ و در شهر بهار $0/24 \text{ mg/l}$ میباشد. بدلیل نزدیکی دو شهر همدان و بهار از اطلاعات ایستگاه هوا شناسی مستقر در فرودگاه همدان برای هر دو شهر استفاده شده است.

باتوجه به نتایج این تحقیق ملاحظه میگردد که مقدار فلئوئور موجود در آب آشامیدنی شهرهای مورد مطالعه از حداقل مقدار استاندارد مورد نیاز کمتر میباشد.

جهت حل مشکل در کوتاه مدت توصیه می گردد استفاده از محلول های دهانشویه حاوی فلئوئور بخصوص برای کودکان دبستانی مد نظر قرار گیرد. امروزه تزریق فلئوئور به آب آشامیدنی در بسیاری از کشور ها در حال اجرا می باشد که یک روش اساسی جهت رفع کمبود این ماده محسوب می شود. از آنجائیکه تا کنون این کار در کشور ما اجرا نگردیده است پیشنهاد می شود ابتدا بصورت پایلوت این روش اجرا گردیده و پس از رفع نواقص و تامین امکانات لازم، بعنوان طرحی بلند مدت که کلیه سنین جامعه را پوشش می دهد به مرحله اجرا گذارده شود لازم به ذکر است که فلئوئور علاوه بر کودکان، برای بزرگسالان نیز نافع میباشد (۴).

منابع:

1. World Health Organization. Guidelines for drinking water quality. 2nd ed. Geneva: WHO, 1996.

جدول ۴: مقایسه غلظت فصلی فلئوئور (mg/l) موجود در آب

آشامیدنی شهر های همدان و بهار با غلظت استاندارد

| فصل | متوسط حد اکثر درجه حرارت فصلی ۵ ساله | حد اقل غلظت فلئوئور استاندارد | غلظت فصلی فلئوئور در شهر همدان | غلظت فصلی فلئوئور در شهر بهار |
|---------|--------------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|
| بهار | ۲۰/۹ | ۰/۱۸ | ۰/۲۲ | ۰/۷۳ |
| تابستان | ۳۳/۷ | ۰/۱۶ | ۰/۱۰۸ | ۰/۲۴ |
| پائیز | ۱۶/۲ | ۰/۱۹ | ۰/۲۶ | ۰/۶۹ |
| زمستان | ۱۰/۱۸ | ۱/۱ | ۰/۲۳ | ۰/۷۴ |

بحث:

نتایج حاصل از یکسال نمونه برداری از شبکه آب شرب شهرهای همدان و بهار نشانگر اختلاف قابل ملاحظه غلظت این ماده در آب آشامیدنی در شهرهای یاد شده نسبت به یکدیگر میباشد. این اختلاف را باتوجه به نوع منابع تامین آب شرب دو شهر مورد نظر میتوان توجیه کرد. شهر همدان از طریق دو منبع سطحی (رودخانه) و زیرزمینی (چاه) آب مورد شرب خود را تامین میکند. حدود ۳۰ درصد از حجم آب توسط رودخانه و ۷۰ درصد مابقی توسط آب چاه استحصال میگردد. اختلاط آب سطحی که حاوی غلظت فلئوئور کمی است (۱) با آب چاهها که بالنسبه فلئوئور بالاتری دارند (۱) باعث میگردد که غلظت کل فلئوئور آب اختلاط یافته کم شود. البته بمنظور تعیین غلظت فلئوئور در منابع آب سطحی و زیر زمینی شهر همدان به تفکیک، می توان در طرح تحقیقی دیگری این موضوع مورد بررسی قرار گیرد. مشکل ذکر شده در مورد شهر بهار صادق نمی باشد، چراکه تمامی آب مورد نیاز جهت شرب این شهر توسط چاه تامین میگردد. لذا غلظت فلئوئور آن نسبت به همدان بطور تئوری باید بالاتر باشد که عملاً نیز این مطلب مشاهده گردید. بطوریکه از نتایج مشاهده می گردد این اختلاف در تمامی فصول بطور آماري معنی دار می باشد.

با ملاحظه غلظت فلئوئور در آب شرب طی فصول مختلف در دو شهر طبق نتایج بدست آمده مشاهده میگردد که در فصل تابستان این غلظت کمترین مقدار را داشته و اختلاف معنی داری را با سایر فصول دارا میباشد. از آنجائیکه فلئوئور در آبهای زیرزمینی عمدتاً از طریق شسته شدن لایه های حاوی ترکیبات فلئوئور به آب راه می یابد (۵) کاهش نرزولات جوی در فصل تابستان که نتیجه آن افت سطح آبهای

4. De Zuane PE. Hand book of drinking water quality. 2nd ed. New York: van Nostrand Reinhd, 1997.
 5. Gray NF. Drinking water quality. New York: John Wiley & Sons, 1996.
 6. American Water & Waste Water Association. Standard method for water and wastewater examination. 17th ed. Washington: A.W.W.A, 1995.
۲. سیف نعمت الله. آبهای آشامیدنی شهرستان نهاوند و اثرات بهداشتی. پایان نامه کارشناسی ارشد بهداشت محیط. دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی تهران، ۱۳۷۵.
۳. فیروز منش مظفر. ید و فلوتور در آب سنندج. پایان نامه کارشناسی ارشد بهداشت محیط. دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی تهران، ۱۳۷۳.