Medical Science Journal of Islamic Azad University Vol. 33, No. 1, Spring 2023 ORIGINAL ARTICLE

Alteration in capacity and function of proximal and distal convoluted tubules in kidney exposed by Molybdenum trioxide nanoparticles in female rats (Stereological technique)

***Simin Fazelipour*[1], *Mona Maleki*[2], *Tahereh Naji*[2], *Ali Kalantari-Hesari*[3], *Mohammad Babaei*[4]**
[1] *Department of Anatomy, Faculty of Tehran Medical Science, Islamic Azad University, Tehran, Iran*
[2] *Department of Basic Sciences, Faculty of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences, Tehran Medical Sciences Islamic Azad University, Tehran, Iran*
[3] *Department of Pathobiology, Faculty of Veterinary Science, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran*
[4] *Department of Clinical Sciences, Faculty of Veterinary Science, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran*

Abstract

Background: One of the applications of molybdenum trioxide nanoparticles (MTNPs) is to use it as an antibacterial agent. The kidney is also one of the most important organs in the body to excrete waste products and regulate many blood factors. Duo to widespread use of MTNPs and the importance of the kidney, the aim of this study was to investigate this drug effect on kidney tubules.
Materials and methods: Thirty Wistar rats were divided into a control group, a sham group (receiving normal saline) and 3 experimental groups (receiving 50, 100, and 200 mg/kgBW MTNPs). The intraperitoneal injections were carried for 35 days. At the end of the treatment, the animals were euthanized after collecting blood samples. Then, their right kidney was removed and after tissue preparation, the samples were examined by stereology to determine changes in the volume, length, and surface area of tubules and epithelium height.
Results: The results showed that MTNPs caused significantly increases the volume of epithelium and the length and volume of the distal tubule compared to the control and sham group. Also, epithelium height and surface area of tubules and renal length in high levels of MTNPs were indicated significantly increases. These nanoparticles made changes most of stereological parameters which investigated in renal tubules and serum levels of creatinine.
Conclusion: Due to the widespread use of MTNPs in the industry as an antimicrobial as well as its adverse effects on renal tubules, the uncontrolled use of antimicrobial containing molybdenum trioxide should be avoided.
Keywords: *Nephron, Renal damage, Antimicrobial, Renal tubules.*

Cited as: Fazelipour S, Maleki M, Naji T, kalantari-Hesari A, Babaei M. Alteration in capacity and function of proximal and distal convoluted tubules in kidney exposed by Molybdenum trioxide nanoparticles in female rats (Stereological technique). Medical Science Journal of Islamic Azad University, Tehran Medical Branch 2023; 33(1): **40-49.**

Correspondence to: Simin Fazelipour& Ali kalantari-Hesari
Tel: *+98 9120796671*
E-mail: simin_fazelipour@yahoo.com& a.kalantarihesari@basu.ac.ir
ORCID ID: 0000-0002-6067-0351& 0000-0002-9079-753X
Received: 14 Jul 2022; **Accepted:** 2 Oct 2022

[Downloaded from tmuj.iautmu.ac.ir on 2026-11-18]
[DOR: 20.1001.1.10235922.1402.33.1.5.7]
[DOI: 10.52547/iau.33.1.40]

مجله علوم پزشکی دانشگاه آزاد اسلامی
دوره ۳۳، شماره ۱، بهار ۱۴۰۲، صفحات ۴۰ تا ۴۹

Original Article

تغییر در ظرفیت و عملکرد لوله‌های پیچیده دور و نزدیک در کلیه مواجه شده با نانوذرات تری‌اکسید مولیبدن در موش صحرایی ماده (تکنیک استریولوژی)

سیمین فاضلی پور[۱]، مونا ملکی[۲]، طاهره ناجی[۲]، علی کلانتری حصاری[۳]، محمد بابائی[۴]

[۱] گروه علوم تشریحی، علوم پزشکی تهران، دانشگاه آزاداسلامی ، تهران، ایران
[۲] گروه علوم پایه، دانشکده داروسازی و علوم دارویی، علوم پزشکی تهران، دانشگاه آزاداسلامی ، تهران، ایران
[۳] گروه پاتوبیولوژی، دانشکده پیرادامپزشکی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران
[۴] گروه علوم درمانگاهی، دانشکده پیرادامپزشکی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران

چکیده

سابقه و هدف: *یکی از کاربردهای نانوذره تری‌اکسید مولیبدن استفاده از آن به عنوان میکروب‌کش است. کلیه یکی از اندام‌های مهم بدن در کنترل و ثابت نگاه داشتن مواد موجود در خون است. به‌دلیل مصرف گسترده تری‌اکسید مولیبدن و نیز اهمیت کلیه، بخصوص لوله‌های نفرون در سیستم تصفیه خون، بر آن شدیم که اثر این نانو ذرات بر لوله‌های کلیه را مورد مطالعه و بررسی قرار دهیم.*

روش بررسی: *سی سر موش صحرایی نژاد ویستار به دو گروه کنترل و شم (دریافت‌کننده سرم فیزیولوژی) و سه گروه تجربی (به‌ترتیب دریافت کننده سطوح ۵۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم از نانوذره تری‌اکسید مولیبدن) تقسیم شدند. تزریقات به‌صورت داخل صفاقی و به‌مدت ۳۵ روز انجام گرفت. در پایان، پس از خونگیری حیوانات آسان‌کشی شده و نمونه کلیه سمت راست أخذ و پس از تثبیت و آماده‌سازی بافتی، با روش استریولوژی جهت تعیین تغییرات حجم، طول، مساحت سطح لوله‌ها و ارتفاع اپیتلیوم بررسی شدند.*

یافته‌ها: *نتایج نشان داد که این نانوذره موجب افزایش معنی‌دار حجم اپیتلیوم و طول و حجم لوله پیچیده دور نسبت به گروه کنترل و شم گردید. همچنین ارتفاع اپیتلیوم لوله و مساحت سطح لوله و طول کلیه در گروه دریافت‌کننده این نانو ذرات با سطح بالا افزایش معنی‌داری را نشان داد. این نانوذره سبب تغییر اکثر فراسنجه‌های استریولوژیک مورد بررسی در لوله‌های کلیوی و سطح سرمی کراتینین شد.*

نتیجه‌گیری: *به‌دلیل مصرف گسترده نانو ذرات تری‌اکسید مولیبدن در صنعت به‌عنوان میکروب‌کش، همچنین اثرات سوء آن بر لوله‌های کلیوی از مصرف بی‌رویه میکروب‌کش‌های حاوی تری‌اکسید مولیبدن در صورت امکان خودداری شود.*

واژگان کلیدی: *نفرون، آسیب کلیوی، میکروب‌کش، لوله‌های کلیوی.*

مقدمه

نانو ذرات به‌دلیل ابعاد و ترکیبات آنها دارای فوائد و خواصی هستند که موجب تحولات اساسی در دهه‌های اخیر شده‌اند. از جمله مصارف این ذرات می‌توان به کاربرد آن در داورسانی پوستی، مواد ضد میکروبی و ضد سرطانی، داروهای پپتیدی و پروتئینی، داروهای ضد التهاب و تنفسی و غیره اشاره کرد. علی‌رغم اینکه نانو ذرات می‌توانند در سلول تجمع یابند ولی مطالعات مختلف نشان داده که قطر نانوذرات در تأثیرگذاری بسیار اهمیت دارد. چنانکه با قطر تقریبی ۷۵ نانومتر کلیه را هدف قرار می‌دهند (۱). مهم‌ترین عملکرد کلیه‌ها ثابت نگه داشتن حجم و ترکیبات بدن است. اگر مقدار عملکرد نفرون‌ها به کمتر از ۲۰ درصد حد طبیعی کاهش یابد، انجام درمان جایگزین ضروری است (۲). با توجه به اطلاعات حاصل از

آدرس نویسنده مسئول: گروه علوم تشریحی، دانشگاه آزاد اسلامی ، واحد علوم پزشکی تهران& گروه پاتوبیولوژی، دانشکده پیرادامپزشکی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، سیمین فاضلی پور ، علی کلانتری حصاری (**email**: simin_fazelipour@yahoo.com, a.kalantarihesari@basu.ac.ir)
ORCID ID: 0000-0002-6067-0351, 0000-0002-9079-753X
تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۱/۴/۲۳
تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۱/۷/۱۰

[Downloaded from tmuj.iautmu.ac.ir on 2026-11-18]
[DOR: 20.1001.1.10235922.1402.33.1.5.7]
[DOI: 10.52547/iau.33.1.40]

پیمایش‌های جمعیتی، تخمین زده شده است که حداقل ۶ درصد از جمعیت بالغ آمریکا دارای بیماری مزمن کلیه در مراحل ۱ و ۲ بیماری مزمن کلیوی (Chronic kidney disease (CKD)) هستند (۳).

مولیبدن تری‌اکسید اورتورومبیک (MoO2-α) دارای ساختار بلوری لایه‌ای است (۴). نانوذره‌های سنتز شده مولیبدن تری-اکسید که در فعالیت میکروب‌کشی علیه باکتری‌های گرم منفی و مثبت نقش داشته و تأثیر سایتوتوکسیک آن بر روی سرطان سینه و ریه گزارش شده است (۵). گزارش‌ها در مورد مسمومیت ناشی از مولیبدین در انسان بسیار نادر است (۶). بیشتر مشاهدات مربوط به مسمومیت‌زایی مولیبدن براساس داده‌های حیوانی است. افزایش مولیبدن در غذای احشام موجب بروز بیماری‌های حاد همچون اسهال، کم‌خونی، لاغری و بعضاً منجر به مرگ می‌گردد. بعلت تنوع گزارشات موجود در مورد میزان بی‌خطر بودن مصرف مولیبدن در حیوانات، از قطعیت بالایی برخوردار نیست. معمولاً حد بی‌خطر مولیبدن ۵ تا ۱۰ گرم در تن در مراتع در نظر گرفته می‌شود. در آزمایش-های دقیق میزان Ld50 پایین (به معنی قدرت مسمومیت بالا) برای ترکیبات مولیبدن تعیین شده است. برخی از موارد نشان‌دهنده Ld50 پایین، بعلت تغذیه طولانی مدت رخ می-دهد. Ld50 دهانی دقیق‌تر اکسید مولیبدن، با درجه خلوص بالا، در موش‌ها بین ۲۹۶۰ تا ۳۵۲۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم تعیین شده است (۷، ۸).

دانیل و همکارانش در سال ۲۰۱۰ مطالعه‌ای بر روی سمیت و فعالیت ایمنی نانوذرات نقره انجام و توزیع نانو ذرات نقره را در مغز، کلیه، کبد، شش، طحال و قلب تشخیص و گزارش کردند (۹). در مطالعه دیگری تأثیر حاد سم‌شناسی پودر اکسید با مقیاس نانو و زیرمیکرو بر روی موش‌های بالغ انجام گرفت (۱۰). طبق نتایج به دست آمده از مطالعه یان و همکارانش نانوذرات اکسید روی باعث تغییر سمیت و تغییر متابولیسم کلیه در موش‌ها می‌شوند (۱۱). در بررسی حاد تعامل بین کادمیوم، کلسیم و روی در طول نفرون در موش صحرایی داخل بدن مشخص شد که میتوکندری کلیه از اهداف اولیه داخل سلولی جیوه برای ایجاد تخریب کلیوی است. در مواجهه با فلزات سنگین این مواد می‌توانند در بافت کلیه انباشته شده و هم چنین مقداری از آن از طریق ادرار دفع شوند (۱۲). در یک مطالعه بر روی حلالیت نانو اکسید روی در عوامل مهم زیست محیطی و بیولوژیکی نشان داده شد که نانوذرات اکسید روی می‌تواند سبب برهم زدن سوخت‌وساز انرژی و اختلال میتوکندری و غشای سلول در کلیه موش شود (۱۳). همچنین مطالعه دیگری بر روی کلیه نشان داد که سلول‌های لوله‌های پیچیده دور و نزدیک در کلیه دارای گیرنده‌هایی هستند که نسبت به برخی از مواد واکنش نشان داده و منجر به تکثیر سلول‌های اپیتلیال لوله‌های کلیوی می‌شوند (۱۴).

استریولوژی علم روابط هندسی بین یک ساختار در فضاهای سه بعدی و برش مقطعی آن ساختار در فضاهای دو بعدی می‌باشد. اغلب روش‌های استریولوژی بر روی تصاویر میکروسکوپی حاصل از میکروسکوپ‌های نوری و الکترونیکی اعمال می‌شود (۱۵). صادقی نژاد و نیگارد در سال ۲۰۱۹ به بررسی کلیه گربه با تکنیک استریولوژی پرداختند (۱۶). در مطالعه سلیمانی و توکلیان در سال ۲۰۱۳ اثر پارا نونیل فنول (para-Nonylphenol) به‌تنهایی و همراه با ویتامین E بر روی کلیه و بخش‌های مختلف نفرون با تکنیک استریولوژی انجام گرفت (۱۷). همچنین در مطالعه‌ای بر روی موش‌های صحرایی نر نشان داده شد که طول و حجم لوله پیچیده دور می‌تواند در اثر مصرف بیس‌فنول (Bisphenol) افزایش یابد (۱۸). در مطالعه‌ی دیگری اثرات نان‌درولون دکانوات (Nandrlone decanoate) بر کلیه گزارش شد (۱۹). همچنین در گزارشی بیان شده است که نانودرات نقره با ایجاد آسیب-هاس کلیوی سبب تغییرات سطح متابولیت‌های سرمی می‌شود (۲۰).

در مطالعه حاضر به‌دلیل اهمیت نانو ذرات در علم داروسازی و ارزش کلیه جهت تنظیم بسیاری از فاکتورهای خونی و جوامع کنونی بر آن شدیم که اثر مولیبیدن تری‌اکسید را بر لوله‌های پیچیده دور و نزدیک کلیه با تکنینک استریولوژی که تاکنون مطالعه دقیقی در این زمینه انجام نشده است مورد بررسی قرار دهیم.

مواد و روشها

تری‌اکسید مولیبدن پودر کریستالی سفید رنگ مایل به خاکستری و آبی کمرنگ به ابعاد ۱۳۰-۸۰ نانومتر که از کمپانی خراسان ایران (Khorasan Iran) با درجه خلوص ۹۹٪ تهیه و و با سطح ۵۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم استفاده شد. برای حل کردن نانو ذره از سرم فیزیولوژی استفاده شد. در ادامه تعداد ۳۰ سر موش صحرایی از نژاد ویستار به وزن ۱۸۰ تا ۲۵۰ از انستیتو پاستور تهیه و به اتاق حیوانات دانشکده پزشکی دانشگاه آزاد اسلامی انتقال داده شد. حیوانات به‌مدت ۲ هفته در آزمایشگاه نگهداری شدند تا به شرایط محیطی عادت نمایند سپس آنها را وزن نموده و به‌طور تصادفی به ۵ گروه تقسیم و در

[Downloaded from tmuj.iautmu.ac.ir on 2026-11-18]
[DOR: 20.1001.1.10235922.1402.33.1.5.7]
[DOI: 10.52547/iau.33.1.40]

قفس‌های جداگانه جهت تیمار به مدت ۳۵ روز نگهداری شدند. آب و غذا آزادانه در اختیار حیوانات قرار گرفت. دمای اتاق ۲ ±۲۵ درجه سانتی‌گراد و شرایط نوری ۱۲ ساعت روشنایی و ۱۲ ساعت تاریکی لحاظ شد. اصول اخلاقی کار با حیوانات نیز برابر نظرکمیته کار با حیوانات آزمایشگاهی (با کد اخلاق به‌شماره IR.IAU.PS.REC.1398.201) رعایت گردید. موش‌ها به‌طور تصادفی به ۵ گروه ۶ تایی تقسیم کردیم:

گروه اول (گروه کنترل): که هیچ دارویی دریافت نکردند.

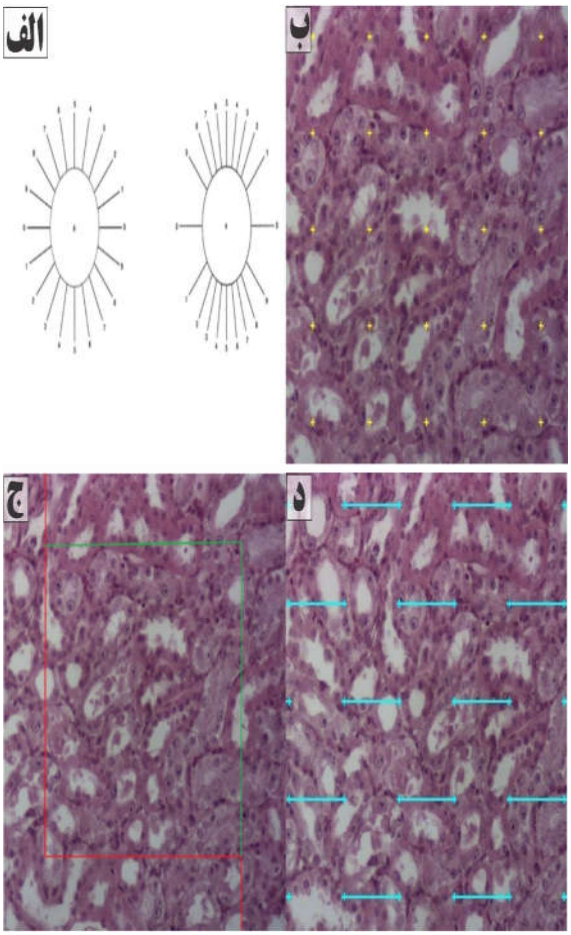
گروه دوم (گروه شم): گروه دریافت‌کننده سرم فیزیولوژی به‌میزان ۱۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن بدن.

گروه سوم (گروه تجربی ۱): گروه دریافت‌کننده تری‌اکسید مولیبدن به‌میزان ۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن بدن.

گروه چهارم (گروه تجربی ۲): گروه دریافت‌کننده تری‌اکسید مولیبدن به‌میزان ۱۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن بدن.

گروه پنجم (گروه تجربی ۳): گروه دریافت‌کننده تری‌اکسید مولیبدن به میزان ۲۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن بدن.

حیوانات به‌مدت ۳۵روز تیمار شدند. تمامی تجویزات به‌صورت تزریق داخلی صفاقی انجام گرفت. پس از پایان دوره تیمار، حیوانات توزین و پس از بیهوشی با کتامین (۱۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن بدن) جهت تعیین فراسنجه‌های سرمی مرتبط با کلیه خون‌گیری انجام گرفت. سپس محوطه شکمی آنها را باز نموده، کلیه راست أخذ و پس از شستشو با سرم فیزیولوژی با استفاده از ترازوی دیجیتال توزین شد. سپس نمونه‌ها در محلول فرمالین ده درصد قرار داده شدند. پس از تثبیت نمونه‌ها، برش‌های سیستماتیک یکنواخت تصادفی از بافت کلیه تهیه شد. برای تهیه برش از بافت کلیه از روش اورینتیتور استفاده گردید (۲۱) (شکل ۱). سپس نمونه‌ها وارد مراحل پاساژ بافتی (آبگیری شامل الکل‌های ۷۰٪، ۸۰٪، ۹۰٪، مطلق، شفاف سازی با استفاده از دو ظرف گزیلول و نهایتاً آغشتگی با پارافین در دو ظرف حاوی پارافین مذاب) شده و پس از تهیه بلوک‌های پارافینی، برش‌هایی با ضخامت ۵ میکرومتر تهیه شد. برش‌های تهیه شده وارد مراحل رنگ‌آمیزی هماتوکسیلن- ائوزین (H&E) شدند (۲۲). به منظور انجام استریولوژی، تصاویر از لام‌های بافتی با میکروسکوپ نوری مدل (Jenus CX40 ساخت کشور چین) متصل به دوربین میکروسکوپی (مدل Jenus Is1000 ساخت کشور چین) تهیه شد. تصاویر با استفاده از نرم افزار Image j و پلگین‌های اختصاصی استریولوژی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. پس از محاسبه حجم کلی کلیه، فراسنجه‌های حجمی کلیه (شامل لوله‌های پیچیده نزدیک و دور و اپی‌تلیوم لوله‌ها) با استفاده از گریدهای نقطه‌ای محاسبه گردید. همچنین طول لوله‌های پیچیده نزدیک و دور در کلیه با استفاده از فریم شمارش و محاسبه گردید (۲۱). برای محاسبه مساحت سطح اپی‌تلیوم لوله‌های کلیوی نیز از پروب خطی استفاده شد (۲۲).



شکل ۱. نحوه برش، گرید، فریم و پروب مورد استفاده در بررسی استریولوژیکی لوله‌های کلیه. **الف:** ساعت‌های مورد استفاده در روش اورینتیتور؛ **ب:** گرید نقطه‌ای برای تخمین استریولوژیکی حجم لوله‌ها؛ **ج:** فریم شمارش برای تخمین استریولوژیکی طول لوله‌ها؛ **د:** پروب خطی برای تخمین استریولوژیکی مساحت سطح اپی‌تلیوم لوله‌ها.

بررسی‌های سرمی نیز شامل سنجش میزان کراتینین، سدیم و پتاسیم در سرم أخذ شده از موش‌های گروه کنترل، کنترل شم و تجربی بود. در انتها پس از جمع‌آوری اطلاعات مورد نیاز داده ها با استفاده از نرم افزار آماری SPSS ورژن ۱۸ تجزیه و تحلیل شد. جهت مقایسه نتایج حاصل از گروه‌های کنترل و تجربی از آنالیز واریانس یک‌طرفه ANOVA و تست TUKEY استفاده شد و معنی‌دار بودن اطلاعات با $p<۰/۰۵$ بیان شد.

[Downloaded from tmuj.iautmu.ac.ir on 2026-11-18]
[DOR: 20.1001.1.10235922.1402.33.1.5.7]
[DOI: 10.52547/iau.33.1.40]

یافته‌ها

بررسی حجم اپی‌تلیوم لوله نزدیک گروه‌های کنترل، شم و گروه‌های تجربی برحسب سانتی‌متر مکعب نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین گروه‌ها وجود ندارد. در حالی که بررسی فرکشن حجم اپی‌تلیوم لوله نزدیک نشان داد که گروه دریافت‌کننده نانو ذره تری‌اکسید مولیبدن با سطح ۲۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن بدن با گروه‌های کنترل و شم دارای اختلاف معنی‌دار بود ($p<۰/۰۵$). این در حالی بود که بین سایر گروه‌ها اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۱).

بررسی حجم اپی‌تلیوم لوله پیچیده دور گروه‌های کنترل، شم و گروه‌های تجربی برحسب سانتی‌متر مکعب نشان داد که هر سه گروه دریافت‌کننده نانو ذره تری‌اکسید مولیبدن در مقایسه با یکدیگر فاقد اختلاف معنی‌دار، ولی در مقایسه با گروه کنترل و شم دارای اختلاف معنی‌دار بودند ($p<۰/۰۵$). در حالی که بررسی فرکشن حجم اپی‌تلیوم لوله پیچیده دور نشان داد که گروه دریافت‌کننده با سطح ۲۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن بدن با سایر گروه‌ها دارای اختلاف معنی‌دار بود ($p<۰/۰۵$). این در حالی بود که در مقایسه گروه کنترل و شم، و همچنین مقایسه دو گروه دریافت‌کننده سطح ۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم با سطح ۱۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم نانو ذره تری‌اکسید مولیبدن اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۱).

جدول ۱. نتایج حاصل از بررسی حجم اپی‌تلیوم لوله نزدیک و دور برحسب سانتی‌متر مکعب و فرکشن

	حجم اپی‌تلیوم لوله نزدیک (cm^3)	حجم اپی‌تلیوم لوله نزدیک (فرکشن)	حجم اپی‌تلیوم لوله دور (cm^3)	حجم اپی‌تلیوم لوله دور (فرکشن)
گروه کنترل	۰/۳۱۰۲ ± ۰/۰۳۰۷^{a}	۷۰/۶۱۰۰ ± ۰/۹۷۳۰^{a}	۰/۰۱۴۱ ± ۰/۰۰۱۵^{a}	۳/۰۳۱۷ ± ۰/۵۱۴۴^{a}
گروه کنترل شم	۰/۳۱۶۸ ± ۰/۱۱۲۴^{a}	۵۸/۲۴۸۳ ± ۱۹/۱۰۴۲^{a}	۰/۰۱۵۰ ± ۰/۰۰۱۶^{a}	۳/۱۰۵۰ ± ۰/۷۴۲^{a}
گروه ۵۰ mg/kg	۰/۳۲۴۰ ± ۰/۰۱۵۱^{a}	۶۰/۴۳۰۰ ± ۲/۳۴۲۸^{ab}	۰/۰۳۱۰ ± ۰/۰۰۸۳^{b}	۷/۱۹۸۳ ± ۱/۸۱۶۵^{b}
گروه ۱۰۰ mg/kg	۰/۳۴۸۹ ± ۰/۰۷۹۵^{a}	۵۹/۹۳۶۷ ± ۸/۱۸۷۸^{ab}	۰/۰۳۷۳ ± ۰/۰۱۵۴^{b}	۵/۳۷۳۳ ± ۱/۰۱۳۰^{b}
گروه ۲۰۰ mg/kg	۰/۲۴۹۴ ± ۰/۰۶۷۵^{a}	۵۶/۵۱۶۷ ± ۱/۴۵۴۹^{b}	۰/۰۴۵۹ ± ۰/۰۱۰۸^{b}	۱۰/۰۴۹۰۰ ± ۱/۳۷۶۱^{c}

حروف غیرمشابه نشان دهنده دارا بودن اختلاف معنی است ($p<۰/۰۵$).

جدول ۲. نتایج حاصل از بررسی حجم لوله پیچیده نزدیک و دور برحسب سانتی‌متر مکعب و فرکشن

	حجم لوله نزدیک (cm^3)	حجم لوله نزدیک (فرکشن)	حجم لوله دور (cm^3)	حجم لوله دور (فرکشن)
گروه کنترل	۰/۳۸۸۴ ± ۰/۰۳۶۹^{a}	۸۹/۵۱۶۷ ± ۰/۶۰۵۷^{a}	۰/۲۹۶ ± ۰/۰۰۳۵^{a}	۶/۸۷۶۷ ± ۰/۴۸۸۴^{a}
گروه کنترل شم	۰/۳۹۰۰ ± ۰/۰۲۸۲^{a}	۸۸/۷۷۶۷ ± ۰/۵۴۱۹^{a}	۰/۳۰۲ ± ۰/۰۰۰۸^{a}	۷/۱۲۱۷ ± ۰/۷۱۹۳^{a}
گروه ۵۰ mg/kg	۰/۴۷۶۱ ± ۰/۰۶۴۵^{b}	۸۶/۲۹۰۰ ± ۲/۸۱۸۹^{ab}	۰/۰۵۴۹ ± ۰/۰۰۱۱۱^{b}	۹/۶۵۳۳ ± ۱/۲۹۸۸^{b}
گروه ۱۰۰ mg/kg	۰/۴۳۵۶ ± ۰/۰۳۴۷^{ab}	۸۲/۸۰۵۰ ± ۳/۰۶۷۷^{b}	۰/۰۶۵۵ ± ۰/۰۱۴۰^{bc}	۱۲/۵۵۰۰ ± ۲/۷۳۷۹^{c}
گروه ۲۰۰ mg/kg	۰/۳۳۶۶ ± ۰/۰۷۶۱^{d}	۷۷/۹۵۰۰ ± ۲/۲۷۶۶^{c}	۰/۰۸۰۶ ± ۰/۰۲۷۰^{c}	۱۷/۸۹۱۷ ± ۱/۷۳۵۸^{d}

حروف غیرمشابه نشان دهنده دارا بودن اختلاف معنی است ($p<۰/۰۵$).

جدول ۳. نتایج حاصل از بررسی ارتفاع اپی‌تلیوم لوله پیچیده نزدیک و دور (برحسب میکرومتر) و مساحت سطح لوله پیچیده نزدیک و دور (برحسب سانتی‌متر مربع)

	ارتفاع اپی‌تلیوم لوله پیچیده نزدیک (µm)	ارتفاع اپی‌تلیوم لوله پیچیده دور (µm)	مساحت سطح لوله پیچیده نزدیک (cm^2)	مساحت سطح لوله پیچیده دور (cm^2)
گروه کنترل	۲۵/۸۲۱۷ ± ۲/۳۵۸۱^{a}	۱۳/۹۶۰۰ ± ۰/۷۴۵۵^{a}	۱۲۱/۵۶ ± ۱۴/۱۰۳۵^{a}	۱۰/۵۰۰۰ ± ۱/۲۸۴۴^{a}
گروه کنترل شم	۲۵/۹۹۶۷ ± ۴/۳۱۲۸^{a}	۱۴/۴۵۶۷ ± ۰/۳۳۴۱^{a}	۱۱۳/۲۵ ± ۳۱/۹۷۱۷^{a}	۱۲/۲۷۱۷ ± ۱/۲۵۲۸^{a}
گروه ۵۰ mg/kg	۲۸/۴۳۸۶ ± ۳/۰۱۴۳^{a}	۱۵/۳۵۱۷ ± ۳/۳۳۸۱^{ab}	۱۲۶/۳۶ ± ۳۵/۶۲۱۸^{a}	۲۱/۰۰۵۰ ± ۸/۸۱۸۹^{ab}
گروه ۱۰۰ mg/kg	۲۸/۰۶۰۰ ± ۲/۰۳۶۸^{a}	۱۷/۵۲۸۳ ± ۳/۹۹۲۰^{ab}	۱۱۴/۶۶ ± ۱۴/۷۸۰۸^{a}	۲۳/۹۹۰۰ ± ۱/۷۹۱۲^{ab}
گروه ۲۰۰ mg/kg	۲۹/۱۳۰۰ ± ۱/۰۴۱۵^{a}	۲۴/۱۸۱۷ ± ۱۱/۳۹۰۵^{b}	۸۵/۳۴۶۷ ± ۲۳/۹۵۰۰^{a}	۳۲/۹۶۶۷ ± ۲۲/۸۳۸۴^{bc}

حروف غیر مشابه نشان دهنده دارا بودن اختلاف معنی است ($p<۰/۰۵$).

[Downloaded from tmuj.iautmu.ac.ir on 2026-11-18]
[DOR: 20.1001.1.10235922.1402.33.1.5.7]
[DOI: 10.52547/iau.33.1.40]

جدول ۴. نتایج حاصل از بررسی طول لوله پیچیده نزدیک و دور (برحسب متر)، حجم کلیه (برحسب سانتی‌متر مکعب) و طول کلیه (بر حسب میلی‌متر)

	طول لوله پیچیده نزدیک (m)	طول لوله پیچیده دور (m)	حجم کلیه (cm^3)	طول کلیه (mm)
گروه کنترل	۲۳۱/۸۷ ± ۳۰/۲۴۱۳^{a}	۵۴/۸۹۱۷ ± ۸/۷۸۵۰^{a}	۰/۶۹۰۱ ± ۰/۰۴۵۶^{a}	۱۷/۶۶۷ ± ۰/۸۱۶۵^{a}
گروه کنترل شم	۲۲۶/۷۵ ± ۲۶/۶۶۶۲^{a}	۵۷/۰۰۰ ± ۴/۲۴۶۴^{a}	۰/۷۲۴۸ ± ۰/۰۴۱۵^{a}	۱۷/۶۹ ± ۱/۱۶۹^{a}
گروه ۵۰ mg/kg	۲۱۱/۲۸ ± ۸/۸۵۱۴^{ab}	۵۹/۳۰۰ ± ۱۲/۵۷۹۲^{a}	۰/۸۷۷۸ ± ۰/۱۰۳۷^{b}	۱۷/۵۰ ± ۱/۰۴۸۸^{a}
گروه ۱۰۰ mg/kg	۱۷۹/۹۴ ± ۱۲/۰۷۰^{b}	۸۱/۲۵۱۷ ± ۱۰/۸۷۳۷^{b}	۰/۸۳۰۰ ± ۰/۰۷۰۶^{ab}	۱۹/۵۰ ± ۱/۳۷۸۴^{b}
گروه ۲۰۰ mg/kg	۱۹۵/۸۰ ± ۳۹/۱۸۷۳^{ab}	۹۳/۵۹۵۰ ± ۱۱/۳۰۹۷^{b}	۰/۶۳۴۸ ± ۰/۱۷۰۱^{c}	۱۹/۴۱۷ ± ۱/۲۰۰۷^{b}

حروف غیر مشابه نشان دهنده دارا بودن اختلاف معنی است (p<۰/۰۵).

جدول ۵: نتایج حاصل از بررسی میزان کراتینین، سدیم و پتاسیم سرمی

	کراتینین (m mol/L)	سدیم (m mol/L)	پتاسیم (m mol/L)
گروه کنترل	۰/۵۲ ± ۰/۰۹^{a}	۱۳۶/۲ ± ۱/۱۲^{a}	۵/۰۳ ± ۲/۳^{a}
گروه کنترل شم	۰/۵۹ ± ۰/۰۹^{a}	۱۳۶/۷۱ ± ۱/۱۷^{a}	۴/۹ ± ۲/۲^{a}
گروه ۵۰ mg/kg	۰/۸۵ ± ۰/۰۹^{b}	۱۳۸/۱ ± ۱/۲۴^{a}	۴/۵۷ ± ۲/۲^{a}
گروه ۱۰۰ mg/kg	۰/۹۱ ± ۰/۰۹^{b}	۱۳۷/۳ ± ۱/۹۱^{a}	۴/۶۵ ± ۲/۱۲^{a}
گروه ۲۰۰ mg/kg	۰/۸۵ ± ۰/۰۸^{b}	۱۳۹/۰ ± ۱/۵۳^{a}	۴/۷۹ ± ۱/۲^{a}

حروف غیرمشابه نشان دهنده دارا بودن اختلاف معنی است (p<۰/۰۵).

بررسی حجم لوله نزدیک گروه‌های کنترل، کنترل شم و گروه‌های تجربی برحسب سانتی‌متر مکعب نشان داد که دو گروه دریافت‌کننده نانو ذره تری‌اکسید مولیبدن با سطح ۵۰ میلی‌گرم و ۲۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن بدن با یکدیگر فاقد اختلاف معنی‌دار ولی با سایر گروه‌ها دارای اختلاف معنی‌دار بودند (p< 0.05). در حالی که بررسی فرکشن حجم لوله نزدیک نشان داد که گروه دریافت‌کننده نانو ذره تری‌اکسید مولیبدن با سطح ۲۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن بدن در مقایسه با سایر گروه‌ها دارای اختلاف معنی‌دار بود(p<۰/۰۵) (جدول ۲).

بررسی حجم لوله پیچیده دور گروه‌های کنترل، شم و گروه‌های تجربی برحسب سانتی‌متر مکعب نشان داد که هر سه گروه دریافت‌کننده نانو ذره تری‌اکسید مولیبدن در مقایسه با یکدیگر فاقد اختلاف معنی‌دار، ولی در مقایسه با گروه کنترل و شم دارای اختلاف معنی‌دار بودند(p<۰/۰۵). در حالی که بررسی فرکشن حجم لوله پیچیده دور نشان داد که هر سه گروه دریافت‌کننده نانو ذره تری‌اکسید مولیبدن در مقایسه با یکدیگر و سایر گروه‌ها دارای اختلاف معنی‌دار بودند (p<۰/۰۵) (جدول ۲).

بررسی ارتفاع اپی‌تلیوم لوله نزدیک گروه‌های کنترل، کنترل شم و گروه‌های تجربی برحسب میکرومتر نشان دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار بین گروه‌ها بود. در حالی که بررسی ارتفاع اپی‌تلیوم لوله پیچیده دور نشان داد که گروه دریافت کننده نانو ذره تری‌اکسید مولیبدن با سطح ۲۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن بدن با دو گروه دریافت کننده نانو ذره تری‌اکسید مولیبدین با سطوح ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن بدن فاقد اختلاف معنی دار ولی در مقایسه با دو گروه کنترل و کنترل شم دارای اختلاف معنی‌دار بود (p<۰/۰۵) (جدول ۳).

بررسی سطح لوله نزدیک گروه‌های کنترل، کنترل شم و گروه‌های تجربی برحسب سانتی‌متر مربع نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین گروه‌ها وجود ندارد. در حالی که بررسی سطح لوله پیچیده دور برحسب سانتی‌متر مربع نشان داد که گروه دریافت‌کننده نانو ذره تری‌اکسید مولیبدن با سطح ۲۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن بدن با دو گروه دریافت‌کننده نانو ذره تری‌اکسید مولیبدین با سطوح ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن بدن فاقد اختلاف معنی‌دار ولی در مقایسه با دو گروه کنترل و کنترل شم دارای اختلاف معنی‌دار بود (p<۰/۰۵) (جدول ۳).

بررسی طول لوله پیچیده نزدیک گروه‌های کنترل، کنترل شم و گروه‌های تجربی برحسب متر نشان داد که گروه دریافت‌کننده سطح ۱۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم از نانو ذره تری‌اکسید مولیبدین در مقایسه با دو گروه دیگر دریافت کننده این نانو ذره فاقد اختلاف معنی‌دار، اما در مقایسه با گروه‌های کنترل و کنترل شم دارای اختلاف معنی‌دار بود (p<۰/۰۵) (جدول ۴). همچنین بررسی طول لوله پیچیده

[Downloaded from tmuj.iautmu.ac.ir on 2026-11-18]
[DOR: 20.1001.1.10235922.1402.33.1.5.7]
[DOI: 10.52547/iau.33.1.40]

دور در گروه‌های کنترل، کنترل شم و گروه‌های تجربی برحسب متر نشان داد که دو گروه دریافت‌کننده سطوح ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم از نانو ذره تری‌اکسید مولیبدین در مقایسه با یکدیگر فاقد اختلاف معنی‌دار، اما در مقایسه با سایر گروه‌ها دارای اختلاف معنی‌دار بود ($p<۰/۰۵$) (جدول ۴).

بررسی حجم کلیه در گروه‌های کنترل، کنترل شم و گروه‌های تجربی برحسب سانتی‌متر مکعب نشان داد که گروه دریافت‌کننده نانو ذره تری‌اکسید مولیبدن با سطح ۲۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن بدن با سایر گروه‌ها دارای اختلاف معنی‌دار است ($p<۰/۰۵$). همچنین گروه دریافت کننده نانو ذره تری‌اکسید مولیبدین با سطح ۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم فقط با گروه دریافت‌کننده نانو ذره تری‌اکسید مولیبدین با سطح ۱۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم فاقد اختلاف معنی‌دار، اما در مقایسه با سایر گروه‌ها دارای اختلاف معنی‌دار بود ($p<۰/۰۵$) (جدول ۴). نهایتاً بررسی طول کلیه برحسب میلی‌متر نشان داد که دو گروه دریافت‌کننده نانو ذره تری‌اکسید مولیبدن با سطوح ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم وزن بدن با یکدیگر فاقد اختلاف معنی‌دار ولی در مقایسه با سایر گروه‌ها دارای اختلاف معنی‌دار بود ($p<۰/۰۵$) (جدول ۴).

در بررسی میزان کراتینین سرمی در گروه‌های کنترل، کنترل شم و تجربی، هر سه گروه دریافت‌کننده نانو ذره تری‌اکسید مولیبدن (با سطوح ۵۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم) نسب به گروه کنترل و کنترل شم دارای افزایش معنی‌دار بودند ($p<۰/۰۵$). این در حالی بود که مقایسه مابین سه گروه دریافت‌کننده نانو ذره تری‌اکسید مولیبدن اختلاف معنی‌داری را نشان نداد. این در حالی بود که در بررسی میزان سدیم و پتاسیم سرمی در گروه های کنترل، کنترل شم و تجربی، اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۵).

بحث

نانو ذرات رایج‌ترین عناصر در علم و فناوری نانو بوده و خواص جالب توجه آنها باعث شده که کاربردهای بسیار متنوعی در صنایع شیمیایی، پزشکی، دارویی، الکترونیک، صنایع فضایی و کشاورزی داشته باشند. علیرغم اثرات سودمند نانو ذرات برخی از محققین به اثرات سوء تماس با این مواد اشاره کرده‌اند (۲۷-۲۳). این ذرات در زمینه تحویل داروهای هوشمند نقش مهمی را ایفا می‌کنند، زیرا می‌توانند عوامل درمانی را مستقیماً به‌محل مورد نظر انتقال دهند. علی‌رغم اینکه این ذرات می‌توانند در سلول تجمع یابند، ولی مطالعات مختلف نشان داده است که قطر نانو ذرات در میزان تأثیرگذاری بر بیمار اهمیت دارد چنانکه ذراتی با قطر تقریبی ۷۵ نانومتر می‌تواند کلیه را مورد هدف قرار دهند (۲۸). در مطالعه حاضر اثر نانو ذرات تری‌اکسید مولیبدن بر کلیه به کمک تکنیک استریولوژی که ساختار سه بعدی را بهتر از نتایج پارامترهای دو بعدی قابل بررسی می‌نماید مورد مطالعه قرار گرفت.

در مطالعه‌ای که روی اثر پارا نونیل فنول بر روی کلیه با تکنیک استریولوژی انجام گرفت، نشان داده شد که در گروه دریافت‌کننده پارانونایلفنل طول لوله پیچیده دور نسبت به گروه کنترل افزایش معنی‌داری را نشان داد، همچنین طول لوله پیچیده نزدیک در گروه دریافت‌کننده پارا نونیل فنول نسبت به کنترل کاهش داشت (۱۷). این مطلب بیانگر این موضوع است که طول لوله‌های پیچیده نزدیک و دور در نفرون‌ها بسیار حساس و تحت تأثیر مواد سمی مانند پارا نونیل فنول هستند. در مطالعه حاضر نیز طول لوله پیچیده دور در گروه‌های دریافت‌کننده تری‌اکسید مولیبدن نسبت به گروه کنترل و شم افزایش نشان داد که این افزایش در گروه‌های دریافت‌کننده تری‌اکسید مولیبدن با سطوح بیشتر معنی‌دار بود. این تغییر در طول لوله پیچیده نزدیک در گروه‌های دریافت‌کننده تری‌اکسید مولیبدن کاهش نشان داد که این کاهش در سطح ۱۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم معنی‌دار بود. تغییر به‌صورت افزایش در طول لوله پیچیده دور و کاهش در طول لوله پیچیده نزدیک می‌تواند نشان از تفاوت در گیرنده‌های سلول‌های اپی‌تلیال تشکیل‌دهنده لوله پیچیده نزدیک و دور باشد.

نتایج تحقیق حاضر نشان داد که شاید افزایش طول لوله پیچیده دور تحت تأثیر نانو ذرات تری‌اکسید مولیبدن به‌دلیل آماس سلول‌های تشکیل‌دهنده لوله پیچیده دور باشد. دلیل اثبات این مطلب افزایش معنی‌دار ارتفاع سلول‌های اپی‌تلیال تشکیل‌دهنده لوله پیچیده دور در گروه‌های دریافت‌کننده تری‌اکسید مولیبدن است و حجم اپیتلیوم لوله پیچیده دور که در گروه‌های دریافت‌کننده سطح بیشتر افزایش معنی‌داری را نسبت به گروه کنترل و شم نشان می‌دهد (۱۷). در تأیید این مطلب می‌توان به افزایش حجم لوله پیچیده دور در گروه‌های دریافت‌کننده تری‌اکسید مولیبدن اشاره کرد که در گروه‌های دریافت‌کننده با سطح بیشتر نیز افزایش حجم نسبت به گروه کنترل و شم معنی‌دار بود.

همچنین فرکشن حجم لوله پیچیده دور نیز افزایش معنی‌داری را خصوصاً در گروه‌های دریافت‌کننده سطح بالاتر نیز

[Downloaded from tmuj.iautmu.ac.ir on 2026-11-18]
[DOR: 20.1001.1.10235922.1402.33.1.5.7]
[DOI: 10.52547/iau.33.1.40]

نشان دهنده تأیید مطلب فوق در ارتباط با افزایش مساحت سطح لوله پیچیده دور در گروه‌های دریافت‌کننده تری‌اکسید مولیبدن نسبت به گروه کنترل و شم باید اشاره کرد. لوله پیچیده دور در بازجذب مواد نقش دارد ولی نقش آن نسبت به لوله پیچیده نزدیک کمتر است، بنابراین آماس این سلول‌ها موجب اثر در عملکرد آن‌ها می‌شود و بازجذب آنها را نسبت به گروه کنترل کاهش خواهد داد زیرا در اندام‌های بدن تغییر در ساختار موجب تغییر در عملکرد آنها خواهد شد؛ بنابراین می‌توان گفت نانو ذرات بر روی لوله‌های پیچیده دور بی‌تفاوت عمل نکرده و روی ساختار و عملکرد آنها موثر خواهند بود. در این ارتباط گزارشات نشان داده‌اند که حجم اپیتلیوم لوله پیچیده دور در مصرف مواد آلاینده محیط‌زیست کاهش یافته و با مصرف آنتی‌اکسیدان‌ها حجم آنها نسبت به گروه کنترل تفاوت کمتری را نشان می‌دهد (۱۷). مطالعات نشان می‌دهد که بیس‌فنول باعث نکروز سلول‌های اپیتلیال لوله‌های ادراری در کلیه می‌شود (۱۸). که شاید بتوان تغییر حجم کلیه در مطالعه حاضر را به تغییرات حاصل از نکروز مرتبط دانست. همچنین نتایج مطالعه حاضر نشان داده شده که اتساع در لومن لوله پیچیده نزدیک و دور می‌تواند در اثر مواد مختلف حاصل شود. در گزارشات دیگری نیز اتساع لوله پیچیده دور گزارش شده که با نتایج تحقیقات فوق هم راستا است (۲۹، ۳۰).

مطالعه‌ای که توسط گروهی از محققین بر روی کلیه انجام گرفت نشان داد که سلول‌های لوله‌های پیچیده دور و نزدیک در کلیه دارای گیرنده‌هایی هستند که نسبت به برخی از مواد که فرمول مشابهی دارند روی گیرنده‌ها اثر گذاشته و موجب عکس‌العمل آنها می‌شوند و ممکن است حتی اثر بعضی از مواد بر روی سلول‌های اپیتلیالی لوله‌ها منجر به تکثیر سلول‌های آنها شود (۱۴). در ارتباط با تحقیقی که اثر بیس‌فنول را روی لوله‌های پیچیده دور با تکنیک استریولوژیک انجام گرفت نشان داد که در گروه‌های دریافت‌کننده بیس‌فنول افزایش معنی‌داری در حجم لوله‌های پیچیده دور حاصل می‌شود (۱۸). در مطالعه حاضر طول لوله پیچیده نزدیک اختلاف معنی‌داری نشان نداد. همچنین ارتفاع سلول‌های اپیتلیالی لوله پیچیده نزدیک نیز تغییر معنی‌دار نداشت. حجم اپیتلیوم سلول‌های تشکیل‌دهنده لوله پیچیده نزدیک نیز تغییرات معنی‌داری نسبت به کنترل و شم نشان نداد ولی حجم لوله پیچیده نزدیک در دریافت‌کننده‌های با سطح بالاتر تری‌اکسید مولیبدن کاهش معنی‌داری نشان داد. بنابراین در مطالعه اخیر نتایج نشان داد که گیرنده‌های لوله پیچیده نزدیک نسبت به تری‌اکسید مولیبدن واکنش زیادی از نظر تغییر حجم نشان ندادند با توجه به اینکه بازجذب اصلی در سلول‌های این لوله انجام می‌شود یعنی بیش از نیمی از آب و الکترولیت‌ها به‌همراه تمام مواد مغذی آلی مانند اسید آمینه و گلوکز و ویتامین که از پلاسما تصفیه شده بودند بطور طبیعی در لوله پیچیده نزدیک بازجذب می‌شوند که می‌تواند این بازجذب به‌صورت فعال یا غیرفعال صورت گیرد، ولی نتایج نشان داد که تغییرات لوله پیچیده نزدیک نسبت به تری‌اکسید مولیبدن خیلی محسوس نیست.

مطالعه‌ای که با استفاده از روش استریولوژی بر روی کلیه موش‌های ماده انجام گرفت نشان داد استفاده از ناندرولون دکانوات در به میزان ۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم، حجم لوله پیچیده نزدیک و دور، وزن و حجم کلیه این حیوانات افزایش معنی‌داری در گروه‌های تجربی نسبت به گروه کنترل نشان داد. ولی طول این لوله‌ها افزایش حاصل نکرد این نتایج نشان از هیپرتروفی لوله‌های پیچیده نزدیک و دور دارد (۱۹).

اثرات مختلف آندروژن توسط تراکم گیرنده‌های آندروژن و آنزیم کنترل‌کننده متابولیسم استرویید با اثر بر روی ارگان‌های مختلف منجمله کلیه (۳۱، ۳۲) موجب تحریک گیرنده‌های آندروژن که در سطح سلول‌های لوله پیچیده نزدیک قرار داده شده و تحریک رشد سلول که شامل هیپرتروفی هیپرپلازی می باشد را موجب شده‌اند و موجب افزایش حجم لوله‌های پیچیئه نزدیک شده است (۸، ۳۳). همین تفسیر را می‌توان برای علل افزایش حجم لوله پیچیده دور در تحقیق حاضر در نظر گرفت. در تحقیق حاضر نیز افزایش طول و حجم و مساحت لوله پیچیده دور می‌تواند دال بر این مطلب باشد که شاید تری‌اکسید مولیبدن توانسته بر لوله‌های پیچیده دور اثر کرده و رسپتورهای آن را جهت مقابله با این ماده سمی فعال کرده و هیپرتروفی این لوله را موجب شده که به دنبال آن افزایش حجم در سلول‌های اپیتلیالی تشکیل‌دهنده این لوله‌ها و همچنین افزایش حجم و افزایش مساحت سطح این لوله‌ها را موجب شده است. در مورد افزایش حجم لوله‌های پیچیده نزدیک همانطور که اشاره شد تفاوت معنی‌داری در گروه‌های دریافت‌کننده تری‌اکسید مولیبدن نسبت به کنترل مشاهده نگردید.

در مطالعه‌ای که توسط گروهی از محققین بر روی نانوذرات نقره انجام گرفت نشان داده که این ذرات با تجمع در بافت کلیه سبب آماس سلول‌های کلیوی و آسیب بافتی می‌شود؛ که این آسیب دلیل افزایش کراتینین در دریافت‌کننده‌های نانو ذرات نقره است (۳۴). در تحقیق حاضر نیز افزایش در میزان

[Downloaded from tmuj.iautmu.ac.ir on 2026-11-18]
[DOR: 20.1001.1.10235922.1402.33.1.5.7]
[DOI: 10.52547/iau.33.1.40]

کراتینین در دریافت‌کننده‌های اکسید مولیبدن مشاهده گردید که با تحقیق فوق هم راستا بود. در مطالعه دیگری مصرف خوراکی نانو ذرات نقره و اثرات آن در سطوح سرمی سدیم و پتاسیم بررسی و گزارش گردید که این ذرات اثر سمی بر روی سدیم و پتاسیم دارند (۳۵). همچنین مطالعه دیگری نشان داد که ذرات نقره باعث افزایش نفوذپذیری غشای سلول‌ها نسبت به سدیم و پتاسیم و مختل‌شدن فعالیت پمپ سدیم-پتاسیم و میتوکندری‌ها می‌شود. این اختلالات باعث تغییر در سطوح سدیم و پتاسیم سرم خون می‌شود (۳۶). گزارشات نشان می‌دهد که نانو ذرات نقره موجب اختلال در فعالیت سدیم پتاسیم آتی‌ساز و احتباس پتاسیم در داخل سلول شده و نهایتاً باعث تغییر در سطوح سدیم و پتاسیم می‌شود (۳۷). در تحقیق حاضر تغییر معنی‌داری در میزان سدیم و پتاسیم در گروه‌های دریافت‌کننده تری‌اکسید مولیبدن مشاهده نشد. مطالعه میانگین میزان سدیم در سرم خون حیوانات دریافت-کننده تری‌اکسید مولیبدن در مقایسه با گروه کنترل تغییرات محسوس را نشان نداد که می‌تواند دلیل دیگری بر تأثیر کم این نانو ذرات بر سلول‌های اپی‌تلیالی دیواره لوله پیچیده نزدیک و حجم آنها باشد.

نانو ذرات تری اکسید مولیبدن می‌توانند موجب افزایش حجم و طول و مساحت لوله‌های پیچیده دور شده، ولی بر لوله پیچیده نزدیک تأثیر ساختاری محسوس ندارد. بنابراین به‌دلیل اهمیت کلیه در دفع مواد زاید از مصرف بی‌رویه میکروب‌کش-های حاوی تری‌اکسید مولیبدن جدا باید خودداری نمود. به-دلیل مصرف گسترده نانو ذرات در سطوح مختلف زندگی انسان و اثرات نامطلوب مصرف مداوم آنها مطالعه در مورد اثر نانو ذرات مختلف بر اندام‌های مختلف بدن خصوصاً با تکنیک استریولوژی که از نظر کمی تأثیر ماده را بر اندام‌ها بخوبی نشان می‌دهد را ضروری می‌سازد.

تشکر و قدردانی

هزینه این تحقیق توسط معاونت پژوهشی دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم پزشکی تأمین شده است. نویسندگان این مقاله کمال تشکر و قدردانی خود را از معاونت پژوهشی دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم پزشکی به خاطر حمایت‌های مالی اعلام می‌دارند.

REFERENCES

1. Choi CHJ, Zuckerman JE, Webster P, Davis ME. Targeting kidney mesangium by nanoparticles of defined size. Proc Natl Acad Sci U S A 2011; 108: 6656-61.

2. Hester RL, Brown AJ, Husband L, Iliescu R, Pruett D, Summers R, Coleman TG. HumMod: a modeling environment for the simulation of integrative human physiology. Front Physiol 2011; 13: 12.

3. Smith PL, Buffington DA, Humes HD. Kidney epithelial cells. Methods Enzymol 2006; 419: 194-207.

4. Illyaskutty N, Sreedhar S, Kumar GS, Kohler H, Schwotzer M, Natzeck C, Pillai VM. Alteration of architecture of MoO 3 nanostructures on arbitrary substrates: growth kinetics, spectroscopic and gas sensing properties. Nanoscale 2014; 6: 13882-94.

5. Krishnamoorthy K, Veerapandian M, Yun K, Kim SJ. New function of molybdenum trioxide nanoplates: toxicity towards pathogenic bacteria through membrane stress. Colloids and Surfaces B: Biointerfaces 2013; 112: 521-4.

6. Kaiser BN, Gridley KL, Ngaire Brady J, Phillips T, Tyerman SD. The role of molybdenum in agricultural plant production. Ann Bot 2005; 96: 745-54.

7. Hosokawa S, Yoshida O. Clinical studies on molybdenum in patients requiring long-term hemodialysis. ASAIO J 1994; 40: M445-9.

8. Czerwinski F. Current Trends in Automotive Lightweighting Strategies and Materials. Materials 2021; 14: 6631.

9. Pourali P, Yahyaei B. Biological production of silver nanoparticles by soil isolated bacteria and preliminary study of their cytotoxicity and cutaneous wound healing efficiency in rat. J Trace Elem Med Biol 2016; 34: 22-31.

10. Hong TK, Tripathy N, Son HJ, Ha KT, Jeong HS, Hahn YB. A comprehensive in vitro and in vivo study of ZnO nanoparticles toxicity. J Mater Chem B 2013; 1: 2985-92.

11. Yan G, Huang Y, Bu Q, Lv L, Deng P, Zhou J, et al. Zinc oxide nanoparticles cause nephrotoxicity and kidney metabolism alterations in rats. J Environ Sci Health A Tox Hazard Subst Environ Eng 2012; 47: 577-88.

12. Barbier O, Jacquillet G, Tauc M, Poujeol P, Cougnon M. Acute study of interaction among cadmium, calcium, and zinc transport along the rat nephron in vivo. Am J Physiol Renal Physiol 2004; 287: F1067-F75.

13. Reed RB, Ladner DA, Higgins CP, Westerhoff P, Ranville JF. Solubility of nano□zinc oxide in environmentally and biologically important matrices. Environ Toxicol Chem 2012; 31: 93-99.

[Downloaded from tmuj.iautmu.ac.ir on 2026-11-18]
[DOR: 20.1001.1.10235922.1402.33.1.5.7]
[DOI: 10.52547/iau.33.1.40]

14. Concolino G, Lubrano C, Ombres M, Santonati A, Flammia G, Di Silverio F. Acquired cystic kidney disease: the hormonal hypothesis. Urology 1993; 41: 170-5.

15. Gaucher G, Poreba M, Ravenelle F, Leroux JC. Poly (N□vinyl□pyrrolidone)□block□poly (D, L□lactide) as polymeric emulsifier for the preparation of biodegradable nanoparticles. J Pharm Sci 2007; 96: 1763-75.

16. Sadeghinezhad J, Nyengaard JR. Cat Kidney Glomeruli and Tubules Evaluated by Design□Based Stereology. Anat Rec (Hoboken) 2019; 302: 1846-54.

17. Mehranjani MS, Noorafshan A, Momeni HR, Abnosi MH, Mahmoodi M, Anvari M, Hoseini SM. Stereological study of the effects of vitamin E on testis structure in rats treated with para-nonylphenol. Asian J Androl 2009; 11: 508-16.

18. Mohebbati R, Shafei MN, Beheshti F, Soukhtanloo M, Roshan NM, Anaeigoudari A et al. Mixed hydroalcoholic extracts of Nigella sativa and Curcuma longa improves adriamycin-induced renal injury in rat. Saudi J Kidney Dis Transplant 2017; 28: 1270.

19. Patanè FG, Liberto A, Maria Maglitto AN, Malandrino P, Esposito M, Amico F, et al. Nandrolone decanoate: use, abuse and side effects. Medicina 2020; 56: 606.

20. Adeyemi OS, Adewumi I, Faniyan TO. Silver nanoparticles influenced rat serum metabolites and tissue morphology. J Basic Clin Physiol Pharmacol 2015; 26: 355-61.

21. Howell K, Hopkins N, McLoughlin P. Combined confocal microscopy and stereology: a highly efficient and unbiased approach to quantitative structural measurement in tissues. Exp Physiol 2002; 87: 747-56.

22. Nyengaard JR. Stereologic methods and their application in kidney research. J Am Soc Nephrol 1999; 10: 1100-23.

23. Hyvönen S, Peltonen L, Karjalainen M, Hirvonen J. Effect of nanoprecipitation on the physicochemical properties of low molecular weight poly (L-lactic acid) nanoparticles loaded with salbutamol sulphate and beclomethasone dipropionate. Int J Pharm 2005; 295: 269-81.

24. Mallikarjuna K, Narasimha G, Dillip GR, Praveen B, Shreedhar B, Lakshmi CS, et al. Green synthesis of silver nanoparticles using Ocimum leaf extract and their characterization. Digest Journal of Nanomaterials and Biostructures. 2011; 6: 181-6.

25. Vimbela GV, Ngo SM, Fraze C, Yang L, Stout DA. Antibacterial properties and toxicity from metallic nanomaterials. Int J Nanomed 2017; 12: 3941.

26. Dwivedi AD, Gopal K. Plant-mediated biosynthesis of silver and gold nanoparticles. J Biomed Nanotechnol 2011;7:163-4.

27. Narayanan KB, Sakthivel N. Green synthesis of biogenic metal nanoparticles by terrestrial and aquatic phototrophic and heterotrophic eukaryotes and biocompatible agents. Adv Colloid Interface Sci 2011; 169: 59-79.

28. Zhang X, Yan S, Tyagi R, Surampalli R. Synthesis of nanoparticles by microorganisms and their application in enhancing microbiological reaction rates. Chemosphere 2011; 82: 489-94.

29. Xia X, Hu Z, Marquez M. Physically bonded nanoparticle networks: a novel drug delivery system. J Control Release 2005; 103 :21-30.

30. Gules O, Yildiz M, Naseer Z, Tatar M. Effects of folic acid on testicular toxicity induced by bisphenol-A in male Wistar rats. Biotech Histochem 2019; 94: 26-35.

31. Tyl R, Myers C, Marr M, Thomas B, Keimowitz A, Brine D, et al. Three-generation reproductive toxicity study of dietary bisphenol A in CD Sprague-Dawley rats. Toxicol Sci 2002; 68: 121-46.

32. Berger FG, Watson G. Androgen-regulated gene expression. Ann Rev Physiol 1989; 51: 51-65.

33. Wilson JD, Griffin JE. The use and misuse of androgens. Metabolism 1980; 29: 1278-95.

34. Sung JH, Ji JH, Park JD, Yoon JU, Kim DS, Jeon KS, et al. Subchronic inhalation toxicity of silver nanoparticles. Toxicol Sci 2009; 108: 452-61.

35. Takahashi N, Boysen G, Li FY, Li Y, Swenberg JA. Tandem mass spectrometry measurements of creatinine in mouse plasma and urine for determining glomerular filtration rate. Kidney Int 2007; 71: 266-71.

36. He M, Ichinose T, Yoshida S, Ito T, He C, Yoshida Y, Arashidani K, Takano H, Sun G, Shibamoto T. PM2. 5□induced lung inflammation in mice: Differences of inflammatory response in macrophages and type II alveolar cells. J Appl Toxicol 2017; 37:1203-18.

37. Kone BC, Kaleta M, Gullans SR. Silver ion (Ag+)-induced increases in cell membrane K+ and Na+ permeability in the renal proximal tubule: reversal by thiol reagents. The Journal of membrane biology 1988; 102: 11-9.

[Downloaded from tmuj.iautmu.ac.ir on 2026-11-18]
[DOR: 20.1001.1.10235922.1402.33.1.5.7]
[DOI: 10.52547/iau.33.1.40]