

بنام خدا

تأثیر میکروبیوم روده و سموم محیطی بر سلامت انسان

مؤلفان:

انیس عبدی

عسل عبدی

حنانه حافظی

عسل طریقی

ناظر علمی:

فاطمه احمدی آغداش

انتشارات ارسطو

(سازمان چاپ و نشر ایران - ۱۴۰۵)

نسخه الکترونیکی این اثر در سایت سازمان چاپ و نشر ایران و اپلیکیشن کتاب رسان موجود می باشد

Chaponashr.ir



سرشناسه: عبدی، انیس، ۱۳۸۴
عنوان و نام پدیدآورندگان: تاثیر میکروبیوم روده و سموم محیطی بر سلامت انسان/ مولفان: انیس عبدی
عسل عبدی، حنا حافظی، عسل طریقی
مشخصات نشر: انتشارات ارسطو (سازمان چاپ و نشر ایران)، ۱۴۰۵.
مشخصات ظاهری: ۱۸۴ ص.
شابک: ۹۷۸-۶۲۲-۱۲۹-۵۵۰-۰
شناسه افزوده: عبدی، عسل، ۱۳۸۴
شناسه افزوده: حافظی، حنا، ۱۳۸۴
شناسه افزوده: طریقی، عسل، ۱۳۸۴
وضعیت فهرست نویسی: فیپا
یادداشت: کتابنامه.
موضوع: تاثیر میکروبیوم روده - سموم محیطی - سلامت انسان
رده بندی کنگره: TP ۹۸۳
رده بندی دیویی: ۶۶۸/۵۵
شماره کتابشناسی ملی: ۵۲۳۶۹۸
اطلاعات رکورد کتابشناسی: فیپا

نام کتاب: تاثیر میکروبیوم روده و سموم محیطی بر سلامت انسان
مولفان: انیس عبدی - عسل عبدی - حنا حافظی - عسل طریقی
ناشر: انتشارات ارسطو (سازمان چاپ و نشر ایران)
صفحه آرای و تنظیم: الهام غفاری
طرح جلد: پریا فرجام
ناظر علمی: فاطمه احمدی آغداش
تیراژ: ۱۰۰۰ جلد
نوبت چاپ: اول - ۱۴۰۵
چاپ: زبرجد
قیمت: ۳۰۰۰۰۰ تومان
فروش نسخه الکترونیکی - کتاب رسان:
<https://chaponashr.ir/ketabresan>
شابک: ۹۷۸-۶۲۲-۱۲۹-۵۵۰-۰
تلفن مرکز پخش: ۰۹۱۲۰۲۳۹۲۵۵
www.chaponashr.ir



chaponashr.ir



iranpoet.ir



فهرست مطالب

فصل ۱: میکروبیوم روده و سموم محیطی.....	۱۱
۱.۱ مقدمه.....	۱۳
۱.۲ اثرات فلزات سنگین بر میکروبیوم روده.....	۱۴
۱.۲.۱ تعاملات بین میکروب‌های روده و سمیت فلزات.....	۱۵
۱.۳ فلزات، میکروبیوتا را تغییر می‌دهند.....	۱۶
۱.۳.۱ آرسنیک.....	۱۷
۱.۳.۲ کادمیوم.....	۲۰
۱.۳.۳ سرب.....	۲۲
۱.۳.۴ جیوه.....	۲۴
۱.۴ میکروبیوتاهای تعدیل‌کننده سمیت فلزی.....	۲۶
۱.۴.۱ دینامیک زیست‌تبدیل (biotransformation).....	۲۶
۱.۴.۲ مکانیسم‌های سم‌زدایی.....	۲۷
۱.۵ چالش‌ها، محدودیت‌ها و فرصت‌ها.....	۲۹
۱.۵.۱ چالش‌های متنوع در طراحی آزمایش و تجزیه و تحلیل داده‌ها.....	۲۹
۱.۵.۲ پیچیدگی طاقت‌فرسای تعاملات میکروبیوم-میزبان.....	۳۰
۱.۵.۳ ادغام و پرووم روده در معادله.....	۳۱
۱.۵.۴ چالش‌ها و محدودیت‌های مدل‌ها و طراحی‌های تجربی.....	۳۲
۱.۵.۵ تهدید جهانی سلامت و نیاز به مطالعات پایش.....	۳۳
۱.۵.۶ فرصت‌هایی برای پیشرفت و پزشکی دقیق.....	۳۳
۱.۶ نتیجه‌گیری.....	۳۴
منابع و مآخذ.....	۳۵
فصل ۲: مقدمه‌ای بر میکروبیوم.....	۳۷
۲.۱ مقدمه.....	۳۹

۴۱.....	۲.۲ توسعه میکروبیوتای انسانی (HM)
۴۲.....	۲.۲.۱ تفاوت در ترکیب میکروبیوم در نواحی مختلف بدن انسان
۴۵.....	۲.۳ بررسی تنوع و پویایی میکروبیوم
۴۶.....	۲.۳.۱ شرایط جغرافیایی
۴۶.....	۲.۳.۲ تأثیر ژنتیکی در تعامل میزبان و میکروبیوم
۴۷.....	۲.۳.۳ سن
۴۸.....	۲.۳.۴ تأثیر رژیم غذایی
۴۸.....	۲.۳.۵ عوامل سبک زندگی
۴۹.....	۲.۳.۶ مداخلات درمانی
۵۰.....	۲.۴ نقش حیاتی میکروبیوم در سلامت و فیزیولوژی انسان
۵۲.....	۲.۵ بیماری‌های مرتبط با دیس‌بیوز
۵۲.....	۲.۵.۱ عفونت ناشی از کلستریدیوئیدس دیفیسیل (CDI)
۵۳.....	۲.۵.۲ بیماری التهابی روده (IBD)
۵۴.....	۲.۵.۳ سرطان
۵۴.....	۲.۵.۴ چاقی
۵۵.....	۲.۵.۵ پریودنتیت (بیماری‌های التهابی بافت‌های نگهدارنده دندان)
۵۵.....	۲.۶ میکروبیوم روده و سموم محیطی
۵۶.....	۲.۷ نتیجه‌گیری
۵۹.....	منابع و مآخذ
	فصل ۳: واکنش روده: تنظیم پاسخ میکروبی به سموم از طریق رژیم غذایی و سبک زندگی
۶۱.....	
۶۳.....	۳.۱ مقدمه
۶۴.....	۳.۲ مولکول‌های داروی طبیعی و تعدیل میکروبی
۶۵.....	۳.۲.۱ جهان میکروسکوپی درون ما
۶۵.....	۳.۲.۲ آشکارسازی جوامع میکروبی

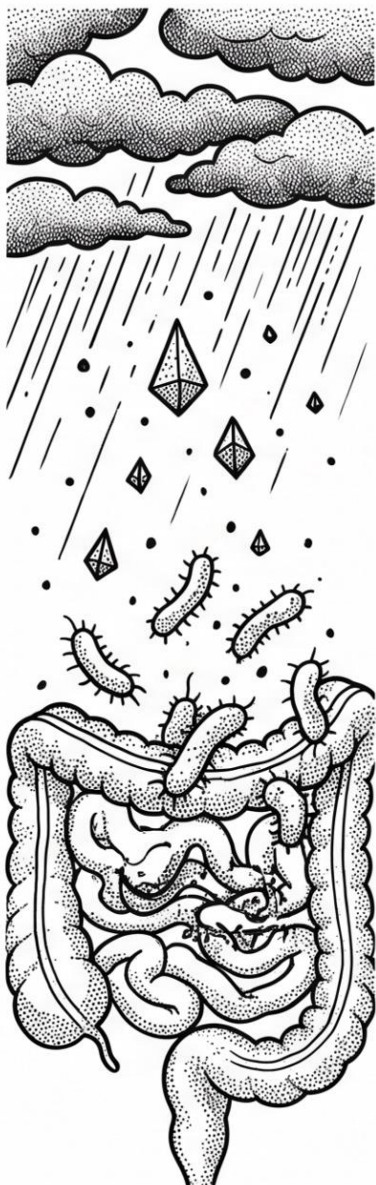
- ۳.۲.۳ نقش‌ها در حفظ هماهنگی فیزیولوژیکی ۶۶
- ۳.۳ تأثیرات رژیم غذایی بر تاب‌آوری میکروبی ۶۸
- ۳.۳.۱ سهم مواد مغذی ۶۸
- ۳.۳.۲ الگوهای غذایی ۶۹
- ۳.۳.۳ مطالعات موردی و مثال‌ها ۶۹
- ۳.۳.۴ استراتژی‌هایی برای افزایش تاب‌آوری میکروبی ۶۹
- ۳.۳.۵ اقدام متعادل‌سازی ۷۰
- ۳.۳.۶ انتخاب سبک زندگی و میکروبیوم ۷۰
- ۳.۴ حفظ تعادل: راهبردهایی برای تعدیل پاسخ میکروبی ۷۲
- ۳.۴.۱ اصلاحات استراتژیک رژیم غذایی ۷۲
- ۳.۴.۲ پروبیوتیک‌ها و پری‌بیوتیک‌ها ۷۳
- ۳.۴.۳ کاهش مواجهه با عوامل محیطی ۷۳
- ۳.۴.۴ ایجاد تاب‌آوری بلندمدت ۷۳
- ۳.۵ افق‌های آینده: پیامدهایی برای تغذیه شخصی‌سازی‌شده و سلامت محیط ۷۴
- ۳.۵.۱ تغذیه شخصی‌سازی‌شده ۷۴
- ۳.۵.۲ میکروبیوم به عنوان یک شاخص سلامت ۷۵
- ۳.۵.۳ پزشکی دقیق در سم‌شناسی ۷۵
- ۳.۵.۴ مداخلات سلامت محیط ۷۵
- ۳.۵.۵ پیشرفت‌های فناوری ۷۵
- ۳.۵.۶ ملاحظات اخلاقی ۷۶
- ۳.۵.۷ ادغام با یافته‌های پیشین ۷۶
- ۳.۶ مطالعات موردی: نمونه‌های موفق در بهره‌گیری از رژیم غذایی ۷۶
- ۳.۶.۱ کورکومین: یک موفقیت چشمگیر تغذیه‌ای ۷۷
- ۳.۶.۲ کارانجین: دفاع طبیعت ۷۷
- ۳.۶.۳ پروبیوتیک‌ها و پری‌بیوتیک‌ها: فرایند متعادل‌کننده ۷۷

۳.۶.۴	اسیدهای چرب امگا ۳: نگهدارنده سلامت روده.....	۷۸
۳.۶.۵	تحقق ظرفیت رژیم غذایی.....	۷۸
۳.۷	رمزگشایی از میکروبیوم روده: دنیایی میکروسکوپی درون بدن.....	۷۹
۳.۷.۱	نقش‌ها در فرآیندهای فیزیولوژیکی.....	۸۰
۳.۷.۲	سموم و گفتگوی میکروبی: تقاطع در روده.....	۸۰
۳.۸	افق‌های امیدوارکننده.....	۸۷
۳.۸.۱	کورکومین به عنوان یک متحد غذایی.....	۸۸
۳.۸.۲	بینش‌های عملی برای افراد.....	۸۹
۳.۸.۳	چالش‌ها در ادغام میکروبیوم و سم‌شناسی.....	۸۹
۳.۹	نتیجه‌گیری.....	۹۲
	منابع و مآخذ.....	۹۳
فصل ۴: نقش میکروبیوم روده بر سلامت انسان		۹۵
۴.۱	مقدمه.....	۹۷
۴.۲	میکروبیوم روده و بیماری‌های نورودژنراتیو (NDS).....	۹۸
۴.۲.۱	بیماری پارکینسون (PD).....	۹۹
۴.۲.۲	بیماری آلزایمر (AD).....	۱۰۱
۴.۳	میکروبیوم روده و بیماری‌های قلبی عروقی.....	۱۰۴
۴.۳.۱	فشار خون بالا.....	۱۰۴
۴.۳.۲	تصلب شرایین (آترواسکلروز).....	۱۰۶
۴.۴	میکروبیوتای روده و بیماری‌های متابولیک.....	۱۰۸
۴.۴.۱	چاقی.....	۱۰۸
۴.۴.۲	دیابت.....	۱۱۰
۴.۴.۳	بیماری کبد چرب غیرالکلی (NAFLD).....	۱۱۲
۴.۵	میکروبیوتای روده و بیماری‌های دستگاه گوارش.....	۱۱۵
۴.۵.۱	بیماری التهابی روده (IBD).....	۱۱۵

۴.۵.۲ سرطان روده بزرگ (CRC).....	۱۱۶
۴.۶ نتیجه‌گیری و چشم‌انداز آینده.....	۱۱۷
منابع و و ماخذ.....	۱۲۰
فصل ۵: فتالات ها و میکروبیوم روده	۱۲۳
۵.۱ مقدمه.....	۱۲۵
۵.۱.۱ تعریف و پیشینه فتالات‌ها.....	۱۲۵
۵.۱.۲ اهمیت میکروبیوم روده (GM).....	۱۲۶
۵.۱.۳ ضرورت مطالعه تعامل بین فتالات‌ها و میکروبیوم روده.....	۱۲۷
۵.۲ فتالات‌ها: منابع، راه‌های مواجهه و اثرات بر سلامت.....	۱۲۷
۵.۲.۱ اثرات سلامت مرتبط با مواجهه با فتالات.....	۱۲۹
۵.۳ عوامل مؤثر بر ترکیب میکروبیوم روده.....	۱۳۰
۵.۳.۱ فاصله جغرافیایی.....	۱۳۱
۵.۳.۲ تاریخچه تکامل میزبان.....	۱۳۲
۵.۳.۳ رژیم غذایی.....	۱۳۳
۵.۳.۴ وضعیت اجتماعی-اقتصادی (SES).....	۱۳۴
۵.۳.۵ سن.....	۱۳۴
۵.۳.۶ جنسیت.....	۱۳۵
۵.۴ تعاملات بین فتالات‌ها و میکروبیوم روده.....	۱۳۶
۵.۴.۱ تأثیر فتالات‌ها بر ترکیب میکروبی روده.....	۱۳۶
۵.۴.۲ مکانیسم‌ها و تأثیر فتالات‌ها بر میکروبیوم روده.....	۱۳۷
۵.۴.۳ رابطه دو طرفه بین فتالات‌ها و میکروبیوم روده.....	۱۳۸
۵.۵ اثرات فتالات‌ها بر سلامت روده.....	۱۴۰
۵.۵.۱ اختلال در عملکرد سد روده.....	۱۴۰
۵.۵.۲ اثرات التهابی فتالات‌ها.....	۱۴۱
۵.۵.۳ پیامدهای بیماری‌های مرتبط با روده.....	۱۴۲

۵.۶	تعدیل میکروبیوم روده برای سم‌زدایی فتالات‌ها	۱۴۴
۵.۶.۱	نقش میکروبیوم روده در متابولیسم و فرآورده‌های سم‌زدایی فتالات	۱۴۴
۵.۶.۲	راهبردهای تقویت سم‌زدایی فتالات‌ها با واسطه میکروبیوم روده	۱۴۵
۵.۶.۳	مداخلات درمانی بالقوه با هدف قراردادن میکروبیوم روده در مواجهه با فتالات	۱۴۷
۵.۷	چشم‌اندازها و چالش‌های آینده	۱۴۸
۵.۸	نتیجه‌گیری	۱۴۹
	منابع و مآخذ	۱۵۱
فصل ۶:	آفت‌کش‌ها و میکروبیوم روده	۱۵۳
۶.۱	مقدمه	۱۵۵
۶.۲	نقش میکروبیوتای روده در حفظ سلامت میزبان	۱۵۷
۶.۳	طبقه‌بندی متابولیت‌ها	۱۵۸
۶.۳.۱	اسیدهای چرب کوتاه‌زنجیره (SCFAs)	۱۵۹
۶.۳.۲	متابولیت‌های کولین	۱۶۰
۶.۳.۳	اسیدهای صفراوی	۱۶۰
۶.۳.۴	مشتقات تریپتوفان و ایندول	۱۶۰
۶.۳.۵	انتقال‌دهنده‌های عصبی	۱۶۱
۶.۳.۶	لیپیدها	۱۶۱
۶.۴	سم‌شناسی آفت‌کش‌ها	۱۶۱
۶.۴.۱	آفت‌کش‌های ارگانوفسفره (OPPS)	۱۶۲
۶.۴.۲	آفت‌کش‌های ارگانوکلره (OCPS)	۱۶۳
۶.۴.۳	حشره‌کش‌ها	۱۶۳
۶.۴.۴	کلرپیریفوس (Chlorpyrifos)	۱۶۴
۶.۴.۵	دiazinon (Diazinon)	۱۶۵
۶.۴.۶	تری‌کلروفون (Trichlorfon)	۱۶۶

- ۶.۴.۷ نئونیکوتینوئیدها (Neonicotinoids)..... ۱۶۶
- ۶.۴.۸ پیرتروئیدها/ پرمترین‌ها (PEM) ۱۶۷
- ۶.۴.۹ دی‌کلرودی‌فنیل‌دی‌کلرواتیلن (DDE)..... ۱۶۸
- ۶.۴.۱۰ سایر حشره‌کش‌ها..... ۱۶۸
- ۶.۴.۱۱ قارچ‌کش‌ها..... ۱۶۹
- ۶.۴.۱۲ کاربندازیم (CBZ) ۱۶۹
- ۶.۴.۱۳ ایمازالیل (IMZ)..... ۱۷۰
- ۶.۴.۱۴ اپوکسی‌کونازول (Epoxiconazole)..... ۱۷۱
- ۶.۴.۱۵ پروپاموکارب (PM) ۱۷۲
- ۶.۴.۱۶ علف‌کش‌ها..... ۱۷۲
- ۶.۴.۱۷ گلیفوزیت (Glyphosate)..... ۱۷۳
- ۶.۴.۱۹ : ۲,۴ دی‌کلروفنوکسی‌استیک اسید (D, ۲, ۴)..... ۱۷۴
- ۶.۵ دیس‌بیوز میکروبیوتای روده به عنوان یک نشانگر زیستی برای مواجهه با آفت‌کش‌ها
..... ۱۷۶
- ۶.۶ ارزیابی ریسک شیمیایی، مسائل و چالش‌ها در مدیریت سم‌شناسی آفت‌کش‌ها..... ۱۷۷
- ۶.۷ نتیجه‌گیری..... ۱۷۹
- منابع و مآخذ..... ۱۸۲



فصل ۱: میکروبیوم روده و

سموم محیطی

۱.۱ مقدمه

جمله‌ای که به طور گسترده شناخته شده و به پاراسلسوس (۱۴۹۳-۱۵۴۱) نسبت داده می‌شود، اصل اساسی سم‌شناسی معاصر را بیان می‌کند: «تنها دوز تعیین می‌کند که یک ماده سم باشد یا نباشد». اصل بر اهمیت حیاتی دوز در ارزیابی سمیت مواد تأکید دارد. نقل قول دیگری که به پاراسلسوس نسبت داده شده است، «مهم‌ترین چیزها در زندگی بین ابتدا و انتهای دستگاه گوارش اتفاق می‌افتند» اهمیت سیستم گوارش را در درک ما از سم‌شناسی بیشتر برجسته می‌کند. این گزیده‌ها زمینه را برای بررسی مختصری در مورد تعامل بین فلزات و میکروبیوتای دستگاه گوارش فراهم می‌کنند و بر تأثیر حیاتی دوز بر سم‌شناسی فلزات تأکید دارند. علاوه بر این، آنها بر درک فزاینده از سهم اساسی ترلیون‌ها میکروارگانیسم موجود در دستگاه گوارش در سلامت و بیماری انسان تأکید می‌کنند. سیستم گوارش (GIT)، که متراکم‌ترین ناحیه بدن انسان است، مجموعه‌ای متنوع از میکروارگانیسم‌ها را در خود جای می‌دهد که غلظت آنها از 10^1 - 10^3 CFU/ml در معده تا 10^{11} - 10^{12} CFU/ml در روده بزرگ متغیر است. مطالعات اخیر بیش از ۱۱۰۰ گونه باکتریایی را در روده شناسایی کرده‌اند که بر پیچیدگی میکروبیوتای روده تأکید دارد. غلبه باکتریایی، میکروارگانیسم‌های موجود در دستگاه روده را مشخص می‌کند، که در آن آرکی‌ها، قارچ‌ها و تک‌یاخته‌ها به عنوان اجزای فرعی در نظر گرفته می‌شوند. تحقیقات اخیر در مورد ویروم روده نشان می‌دهد که تعداد باکتریوفازهای موجود در سیستم گوارش ممکن است برابر یا بیشتر از تعداد باکتری‌ها باشد این امر چشم‌اندازهای جدیدی را برای درک تأثیر بالقوه ویروم بر تعاملات بین میکروبیوم و میزبان آن آشکار می‌کند. میکروبیوتا نقش محوری در تشکیل، عملکرد و تعادل دستگاه گوارش (GIT) دارد و با سیستم‌های ایمنی و عصبی میزبان هم‌افزایی می‌کند. این جزء تخصصی در یک اندام، سوالات تأمل‌برانگیزی را در مورد تعامل آن با زنبیوتیک‌های مصرفی و تأثیر بالقوه چنین تعاملاتی بر میزبان برمی‌انگیزد. در حالی که می‌توان شباهت‌هایی را در ترکیب و عملکرد متابولیکی میکروبیوتاهای روده انسان مشاهده کرد، تمایز میکروبیوم‌های فردی، به ویژه در سطح گونه و سویه، به عنوان یک ملاحظه محوری در ارزیابی تأثیر سم‌شناسی زنبیوتیک‌ها در تحقیقات دارویی ظاهر می‌شود. با توجه به اینکه میکروبیوم‌های روده با انواع مختلفی از عوامل زنبیوتیک، شامل داروهای خوراکی، موادی که مورد سوءمصرف قرار می‌گیرند و ترکیبات محیطی، مواجه می‌شوند، این بررسی بر درک معاصر از اثرات فلزات سنگین خاص بر میکروبیوم روده و همچنین برعکس، بر تأثیر بالقوه میکروب‌های روده بر سمیت فلزات متمرکز خواهد بود.

مهم است که تأکید کنیم بخش قابل توجهی از درک موجود از مطالعات تجربی روی حیوانات سرچشمه می‌گیرد. دلیل این امر آن است که ادبیات مربوط به ارتباط بین فلزات سمی و میکروبیوم روده در انسان نسبتاً محدود است.

فلزات سنگین، مانند جیوه، سرب، کادمیوم و آرسنیک، آلاینده‌های محیطی شایعی با سمیت شناخته شده برای انسان و اکوسیستم‌ها هستند حضور گسترده آنها در هوا، آب، خاک و منابع غذایی، نگرانی‌هایی را در مورد خطرات بالقوه سلامتی ایجاد می‌کند. دستگاه گوارش مسیر اصلی قرار گرفتن در معرض فلزات سنگین است، زیرا غذا و آب بلعیده شده می‌توانند منابع قابل توجهی باشند. با توجه به نقش محوری میکروبیوم در حفظ سلامت دستگاه گوارش و تأثیر بر سلامت کلی، درک تأثیر عناصر کمیاب بر میکروبیوتای دستگاه گوارش ضروری است. تحقیقات نشان می‌دهد که عناصر کمیاب پتانسیل تغییر ساختار و عملکرد میکروبیوتای دستگاه گوارش را دارند و تعادل پیچیده لازم برای عملکرد فیزیولوژیکی بهینه را مختل می‌کنند. شکل ۱.۱ فلزات متنوع محیطی ایجاد کننده سمیت را نشان می‌دهد.

۱.۲ اثرات فلزات سنگین بر میکروبیوم روده

تحقیقات نشان داده است که قرار گرفتن در معرض فلزات سنگین می‌تواند منجر به تغییرات قابل توجهی در میکروبیوم روده شود. قرار گرفتن در معرض کادمیوم با کاهش تنوع میکروبی و تغییر در شیوع گونه‌های خاص باکتریایی مرتبط است. به همین ترتیب، نشان داده شده است که تأثیر قرار گرفتن در معرض جیوه بر ساختار میکروبیوم روده تأثیر می‌گذارد و به طور بالقوه در اثرات سمی کلی این فلز نقش دارد. این تغییرات در میکروبیوم روده ناشی از فلزات سنگین می‌تواند عواقب گسترده‌ای داشته باشد. میکروبیوتا به طور قابل توجهی در متابولیسم مواد مغذی، تعدیل سیستم ایمنی و محافظت در برابر عوامل بیماری‌زا در بدن نقش دارد. اختلال در این اکوسیستم ظریف ممکن است این عملکردها را به خطر بیندازد و بر سلامت میزبان تأثیر بگذارد.

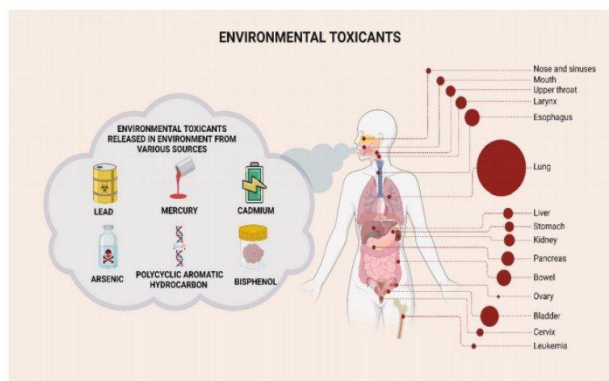


FIGURE 1.1 This image illustrates the diverse environmental metals causing toxicity, including arsenic, cadmium, lead, and mercury. These metals, present in different forms, pose significant health risks. Each metal exhibits unique toxic properties, impacting human health. The figure visually represents the complexity of metal pollution, emphasizing the need for comprehensive understanding and mitigation strategies.

۱.۲.۱ تعاملات بین میکروب‌های روده و سمیت فلزات

درمقابل، میکروبیوتای روده می‌تواند از طریق مکانیسم‌های مختلف بر سمیت فلزات سنگین تأثیر بگذارد. میکروب‌ها می‌توانند شکل شیمیایی فلزات را تغییر دهند و بر جذب و فراهمی زیستی آنها تأثیر بگذارند. علاوه بر این، برخی از باکتری‌ها توانایی سم‌زدایی یا جداسازی فلزات را دارند و به طور بالقوه اثرات مضر آنها را بر میزبان کاهش می‌دهند. دخالت میکروبیوم روده در تعدیل التهاب و پاسخ‌های ایمنی، رابطه بین فلزات سنگین و سمیت میزبان را پیچیده‌تر می‌کند. درک تعامل پیچیده بین میکروب‌های روده و سمیت فلزات برای درک طیف کامل پیامدهای سلامتی مرتبط با مواجهه با عوامل محیطی ضروری است. رابطه پیچیده بین فلزات سنگین و میکروبیوم روده، ماهیت چندوجهی سم‌شناسی محیطی را برجسته می‌کند. اصل پاراسلسوس مبنی بر اینکه «تنها دوز تعیین می‌کند که یک ماده سم باشد یا نباشد» با در نظر گرفتن تعاملات پویای رخ داده در دستگاه گوارش، ابعاد جدیدی به خود می‌گیرد. با گسترش درک ما از میکروبیوم روده، آگاهی ما از نقش محوری آن در واسطه‌گری اثرات سموم محیطی نیز افزایش می‌یابد.

اثرات فلزات سنگین بر میکروبیوم روده و بالعکس، نشان‌دهنده یک حوزه تحقیقاتی در حال تکامل با پیامدهایی برای سلامت انسان و نظارت بر محیط زیست است. شناخت محدودیت‌های دانش فعلی و چالش‌های موجود در انتقال یافته‌ها از مطالعات حیوانی به سلامت انسان، بر نیاز به تحقیقات مداوم در