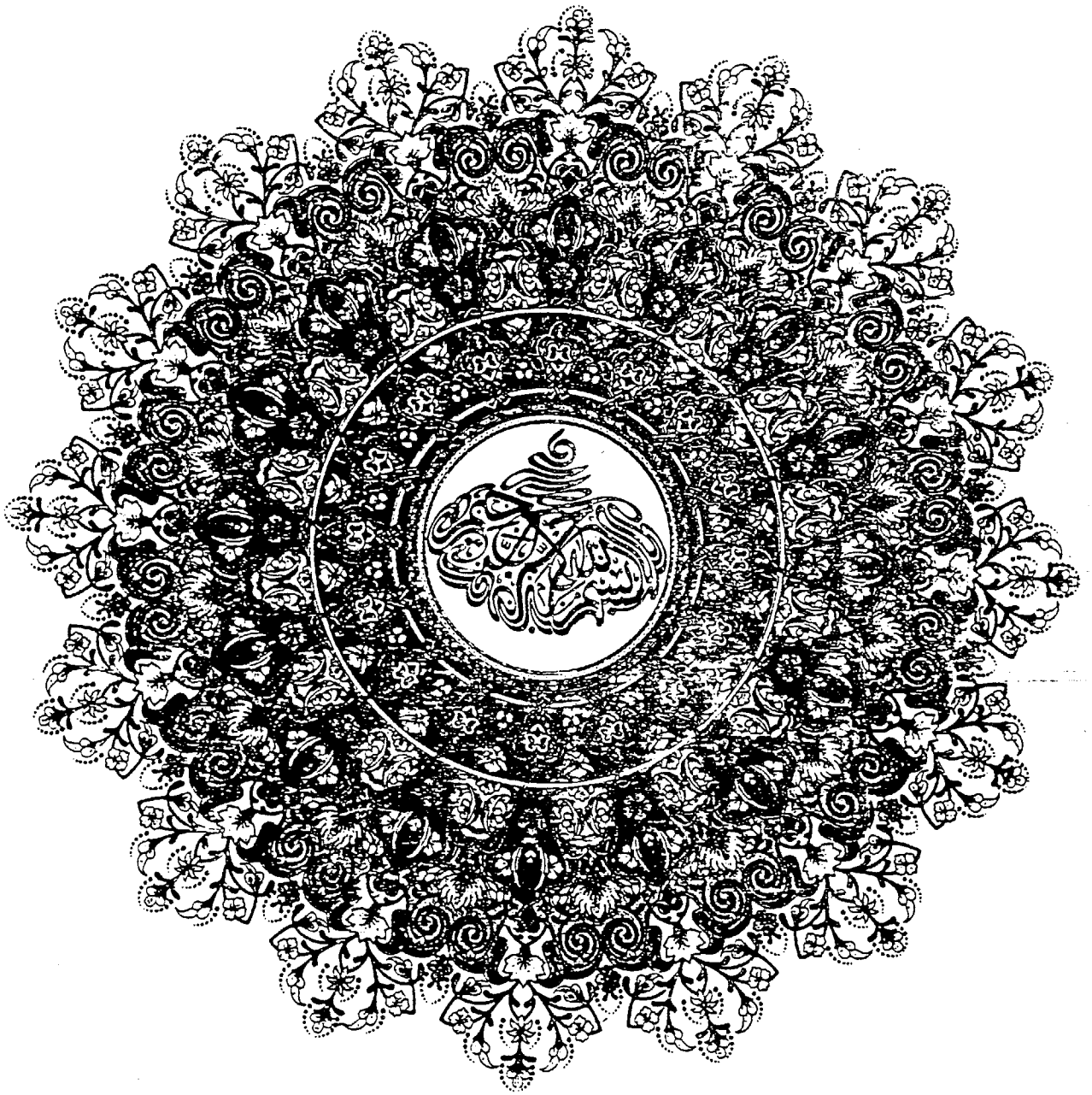

١٣٨٤

۱۵۳۸۴

دانشگاه تربیت معلم
دانشکده علوم
گروه زیست شناسی

پایان نامه :
جهت دریافت درجه کارشناسی ارشد در رشته علوم جانوری
(گرایش زیست شناسی تکوینی)

موضوع :
بررسی اثرات تراتوژنیک کلریدکادمیوم براندا مزایی جنین های موش سفید
کوچک آزمایشگاهی نژاد Balb/C درروزهای ۸،۷ و ۹ حاملگی.

استاد راهنما :
آقای دکتر کاظم پریور

استاد مشاور :
خانم دکتر شهربانو عریان

نگارش :
فرهاد مشایخی

تابستان ۱۳۷۰

بنام خـــــدا

خداوندا اکنون که این مرحله از تحصیلاتم بپایان رسیده است تو را سپاس می گویم و از تو می خواهم که همیشه در راه کسب علم وفضیلت راهنمایم باشی .

تحقیق حاضر نتیجه بیش از یک سال تلاش می باشد در طول این مدت همیشه از راهنمایی های استاد ارجمندم جناب آقای دکتر کاظم پریور و همچنین راهنمایی های علمی اساتید دیگر برخوردار بودم راهنمایی هایی که بدون آنها هیچگاه موفق به انجام این تحقیق نمی شدم. در اینجا وظیفه خود می دانم که از زحمات وتلاشهای جناب آقای دکتر کاظم پریور که راهنمایی این رساله را پذیرفتند و همچنین از جناب آقای دکتر امیر نظام الدین غفاری، خانم دکتر شهربانو عریان وخانم دکتر پروین رستمی که در برطرف کردن نقص های این رساله اینجانب را راهنمایی نموده اند وقضاوت این رساله را پذیرفتند کمال تشکر را بنمایم.

ضمنا "از همسرم خانم دکتر صالحی که چندین مقاله مفید را در اختیار اینجانب قرار دادند و در مرتب کردن مطالب این رساله اینجانب را یاری کردند تشکر نمایم.

فرها دمشایخی

با تشکر از :

ـ استاد ارجمندم جناب آقای دکتر کاظم پریور که راهنمایی این رساله را پذیرفته و در تمام مدت این تحقیق تجارب خویش را در اختیار اینجانب قرار دادند و با ارشادات خود مشکلات و مباحث علمی را که نیاز به تحقیق و بحث داشتند آسان نمودند .

ـ سرکار خانم دکتر شهربانو عریان که به عنوان مشاور اینجانب در این طرح تحقیقاتی بودند و همیشه از راهنمایی های ایشان برخوردار بودم و با نظرات سازنده خود در برطرف کردن نقصهای رساله نهایت کوشش را بکار گرفته و قضاوت این رساله را بعهده گرفتند .

ـ سرکار خانم دکتر پروین رستمی که چند مقاله مفید را در اختیار اینجانب قرار دادند و با نظرات مفید خود در رفع نقص های این رساله تلاش زیادی نموده اند و قضاوت این رساله را پذیرفتند .

ـ جناب آقای دکتر امیر نظام الدین غفاری استادگروه آناتومی دانشکده پزشکی دانشگاه علوم پزشکی تهران که با نظرات سازنده خود در رفع اشکالات این رساله اینجانب را یاری کرده و قضاوت این رساله را پذیرفتند .

ـ استاد ارجمندم جناب آقای دکتر خاوری نژاد که در تحلیل های آماری این رساله نهایت همکاری را نمودند .

ـ سرکار خانم هما محسنی کوچصفهانی مربی محترم آزمایشگاه جنین شناسی بخاطر کمک و راهنمایی های فراوان در انجام مراحل مختلف تجربیات .

ـ سرکار خانم نجفی کارشناس آزمایشگاه فیزیولوژی گیاهی که در تحلیل های آماری مساعدت نمودند .

ـ مدیر محترم گروه زیست شناسی دانشگاه تربیت معلم خانم دکتر مه لقاء قربانلی و کلیه افراد گروه زیست شناسی و مدیریت محترم دانشگاه تربیت معلم که به نحوی در این امر ما را یاری می کردند .

ـ آقای فتوکیان که در ظهور و چاپ عکس ها مرا یاری نمودند .

ـ موسسه تایپ دانشجویان که در تایپ ، تکثیر و صحافی این رساله همکاری نمودند .

تقدیـــم :

به پدروما درعزیزم که همیشه مشوق من درا مرکسب علـم وا یما ن بوده ا ند .

وتقدیم به همسرگرا میم که با صبروبردبا ری ا نجا م ا ین تحقیق را برا یم میسرسا خت .

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
ـ فشرده فارسی	۱
ـ مقدمه :	۳
کاربرد کادمیوم درزندگی انسان	۴
راهها وچگونگی ورود کادمیوم به بدن جانوران	۵
جذب ، توزیع ودفع کادمیوم دربدن	۷
تاثیر متقابل کادمیوم با سایر فلزات	۱۴
اثرات کادمیوم بر اندامهای مختلف بدن	۱۴
آنتاگونیستهای فلزات سنگین	۲۵
درمان افراد درمسمومیتهای حاد با فلزات سنگین	۲۷
ـ هدف از تحقیق	۲۹
ـ خلاصه‌ای از مراحل رشدونموجنین موش	۳۱
ـ ابزارها ، مواد وروشها	۳۹
ـ نتایج : الف) نتایج LD_{50}	۴۳
ب) نتایج تزریق روزهفتم رشدونموجنین موش	۴۵
ج) نتایج تزریق روزهشتم رشدونموجنین موش	۷۲
د) نتایج تزریق روزنهم رشدونموجنین موش	۹۲
ـ بحث وتفسیر	۱۰۷
ـ پیشنهادات	۱۱۵
ـ فشرده انگلیسی	۱۱۶
ـ منابع	۱۱۸

فشرده فارسی

رشدروزافزون صنایع وآلودگی بی رویه محیط زیست به‌مواد شیمیایی و انواع مواد دسمی‌سبب‌گردیده‌است که‌زندگی بشروسایرموجودات زنده‌موردتهدید قرارگیرد. یکی ازمواد آلوده‌کننده‌محیط زیست فلزکادمیوم ازگروه‌فلزات سنگین است به‌همین دلیل اثرکلریدکادمیوم براندامزایی جنین های موش سفیدکوچک آزمایشگاهی نژاد Balb/C موردبررسی قرارگرفت. دراین تجربیات مجموعا "۵ سری آزمایش صورت‌گرفت که‌یک سری جهت تعیین LD_{50} و یک سری جهت تعیین زمان تحلیل رفتن جنین ها وسه‌سری نیزجهت بررسی اثرات کلریدکادمیوم درروزهای ۷، ۸ و ۹ حاملگی اختصاص یافت. درتمامی تجربیات برای گروه تجربی ازکلریدکادمیوم حل شده‌درسرم‌نمکی وبرای گروه‌کنترل فقط ازسرم نمکی بصورت داخل صفاقی (Intraperitonealy = I.P.) تزریق گردیده، میزان LD_{50} برای حیوانات موش‌سوری نژاد Balb/C ، ۸ میلی گرم برکیلوگرم وزن بدن تعیین گردید. درسه‌سری تجربه‌برای روزهای ۷ و۸ و۹ حاملگی میزان ۵ میلی‌گرم برکیلوگرم وزن بدن کلریدکادمیوم برای موشهای‌گروه تجربی ودرهرسری آزمایش محلول سرم‌نمکی به‌گروههای کنترل تزریق گردید. دراین بررسی مجموعا "۱۳۸ جنین وجفت درگروه‌تجربی روزهفتم، ۱۱۶ جنین وجفت‌ازروزهشتم و۱۲۸ جنین وجفت‌ازروزنهم‌حاملگی بدست‌آمد. درتجربیات روزهفتم از۱۳۸ جنین وجفت بدست‌آمده ۱۳۶ جنین تحلیل رفته‌بوداین درحالی است که‌تعدادجنین های تحلیل رفته‌درگروههای تجربی روز ۸ و۹ به‌ترتیب ۱۰ و۶ می باشدنتایج تجربیات بدست‌آمده نشان می دهدکه‌میزان وزن جفت‌وجنین وهمچنین اندازه‌فرق سری-نشیمنگاهی (Crown - Rump = C-R) درجنین های تجربی که‌درمعرض‌کادمیوم

قرار گرفته است کمتر از گروههای کنترل خود می باشد. جهت تشخیص زمان آغاز و پایان تحلیل رفتن جنین ها به یک سری از موشها در روز هفتم حاملگی میزان ۵ میلی‌گرم برکیلوگرم از کلریدکادمیوم تزریق گردید و سپس از روز ۸ تا ۱۵ حاملگی بطور سریال نمونه برداری گردید و جنین ها به همراه جفت ها از رحم مادر خارج و از آنها مقاطع میکروسکوپی تهیه شد. بررسی نتایج نشان می دهد که تحلیل جنین ها از روز نهم حاملگی شروع شده و در روز دوازدهم حاملگی کاملا" تحلیل رفته و فقط جفت آنها باقی میماند. مشاهدات کلی در سه گروه تجربی در مقایسه با گروه شاهد شامل : نقص در تعداد انگشتان دست ، انحنای بیش از حد ستون مهره ها ، کاهش ضخامت شبکیه ،کاهش قطر عدسی چشم ، اثر بر سلولهای کبدی و افزایش سلولهای مگاکاریوسیت است . از مشاهدات فوق بررسی آماری بعمل آمده و برای هر تجربه هیستوگرامهای لازم تهیه شد .

مقـدمه :

رشد اقتصادی وپیشرفت وتوسعه صنایع وافزایش جمعیت وآلودگی محیـط زیست به مواد صنعتی ومواد شیمیایی خصوصا " فلزات سنگین ، بسیاری از محققین علم جنین شناسی را برآن داشته تا بررسی گسترده‌ای را درجهت بررسی اثـرات آنها برا ندا مزایی جنین درحال رشد انجام دهند .درمیان مواد آلوده‌کننـده وسمی که دارای خاصیت تراتوژنیک برروی جنین می باشد کادمیـوم (Cadmium = Cd) دارای جایگاه خاصی است (Saxena 1989).
مطالعه اثرات عوامل فیزیکی وشیمیایی محیط ودارویی وهورمونی درایجاد ناهنجاریهای جنینی درشاخه‌ای ازعلم جنین شناسی بنام هیولاشناسی یا غـول شناسی (Teratology) موردبررسی قرارمی گیرد . کادمیوم یکـی از فلزات سنگین وسمی ازگروه IIB جدول تناوبی وباوزن اتمی ۱۱۲/۴۱ وعـدد اتمی ۴۸ ووزن مخصوص ۸/۶۵ می باشدوفلزی است دوظرفیتی ونرم‌وسفیدرنـگ وهادی که درپوسته زمین به میزان ۱/۰-۰/۵ ppm وجوددارد .این فلزدرسـال ۱۸۱۷ توسط Stromeyer کشف گردید . کادمیوم به میزان کم‌به‌همـراه ترکیبات روی نظیر ZnS یا اسفالریت (Sphalerite) یافت مـی شودکه‌دراین صورت کادمیوم به‌فرم CdS یا گرینوکایت (Greenokite) دیده‌می شود . این فلزدارای کاربردزیادی درصنعت است ودربدن انسان بـه میزان کمی وجوددارد (Wormser 1988) وضرورت وجودآن درانسـان وپدیده‌های زیستی مشخص نشده است . غلظت کادمیوم به‌مرورزمان وباتجمع درآب ، بافتهای گیاهی وجانوری وخاک افزایش می یابد (Wormser 1988).
تحقیقات جدی برروی این فلزبعدازجنگ جهانی دوم وباپیدایش بیمـاری Itai - Itai درژاپن شروع‌گردید (درموردابن بیماری دربخشهای بعـدی صحبت‌خواهدشد).

اندام اصلی ذخیره وتجمع این فلزکلیه‌هاست که تقریبا " $\frac{1}{3}$ ازکل کادمیومی که‌فرددریافت می کنددراین اندام ذخیره می شود (Kirk 1989).

کاربردکادمیوم درزندگی انسان :

تقریبا " از ۵۰ سال قبل به‌اهمیت این فلزدرصنایع متالورژی پی بردند. مقدارکادمیوم درپوسته زمین بسیارکم است ولی بطورعملی تمام سنگهای معدنی که‌واجدفلزروی هستنددارای مقادیراندکی‌کادمیوم می باشند. دراستخراج فلزروی همیشه مقادیری کادمیوم نیزبه‌همراه‌آن استخراج‌می شود. دردودهه‌اخیرمیزان استفاده‌این فلزدرصنعت به‌حداکثرخودرسیده‌است .چهار کشوربزرگ تولیدکننده‌کادمیوم درجهان شوروی ، ژاپن ، امریکا ، آلمان می باشد. بطورکلی کاربردکادمیوم درکشاورزی وصنایع است این فلزدر آلیاژهای صنعتی ولحیم‌سازی ، تهیه‌رنگهای صنعتی ، تولیدات پلاستیکی پلی وینیل بکارگرفته‌می شودوبدلیل دارابودن خصوصیات الکتروشیمیایی مطلوب ، درصنعت روکش‌فلزات (Electroplating) , صنایع پلاستیک سازی ، سرامیک وگالوانیزاسیون وصنایع رنگ سازی بصورت (Cadmium yellow) وباطریهای کادمیوم- نیکل و بالاخره درساختن قطعات یدکی ماشین ها وهواپیماهای نظامی دارای کاربرد وسیعی است . درکشاورزی نیزدرساختن انواع کودهای شیمیایی وسموم‌از - این فلزاستفاده‌می شود (Harrison 1987) .

درمجموع ۹۵% ازمصرف‌کادمیوم درتهیه پنج ماده‌اصلی زیریعنی : رنگ ، روکش‌فلزات ، باطری سازی ، آلیاژسازی وساختن موادمقاومت دهنده‌پلاستیکها بکارگرفته‌می شود. درآبهای نواحی آلوده ، غلظت‌بالایی ازاین ماده‌درصدف نرم تنان دیده‌می شود ، زغال سنگ ودیگرسوختهای

فسیلی دارای مقادیرزیادی کادمیوم هستندواحتراق آنها باعث آزادشدن کادمیوم درمحیط می شود(Gilek 1988).

راهها وچگونگی ورودکادمیوم به بدن جانوران :

همانگونه که گفته شدکادمیوم به همراه فلزروی وجوددارد ونسبت کادمیوم به فلزروی درسنگهای معدنی وخاک از $\frac{1}{100}$ تا $\frac{1}{1000}$ متغیراست وهم اکنون - حدس زده می شودکه کادمیوم به همراه تمام فلزات دیگردرسنگ معادن یافت می شوداین امر ،جداکردن کادمیوم را ازفلزروی بسیارمشکل می سازدوهمیشه مقادیری ازکادمیوم درهنگام خالص سازی فلزات به همراه آنها باقی میماند ودرنتیجه کارگرانی که درمراحل تصفیه وگداختن فلزات کارمی کنند درمعرض مقادیرزیادی ازکادمیوم هستندکه به هوا متصاعد می شودچون کادمیوم بعنوان یک فلزجانبی به همراه فلزات دیگراستخراج می شود ،حتی مقادیری ازکادمیوم را می توان درترکیبات تجاری روی نیزمشاهده کرد . انتشارکادمیوم درهوا باعث ورودسریع آن به بدن انسان وحیوان ازطریق تنفس می شودولی آب یا خاک بیش ازهوا این فلزرا درخودذخیره می کند . تجمع کادمیوم درآب سبب افزایش غلظت آن دربدن ماهیان وسایرآبزیان می شود . سبزیجات وصیفی - جات که با استفاده ازکودهای شیمیایی رشدمی کنندویا درمزارعی که توسط آبهای آلوده آبیاری می شوند ، مقادیرزیادی ازکادمیوم را درخودذخیره کرده که درنهایت طی چرخه ای واردبدن انسان می شود . اگرچه مهمترین راه ورودکادمیوم به بدن انسان ازطریق خوراکی است لیکن خواروبار مواد غذایی بطورطبیعی حاوی کمتراز ۰/۰۵ میکروگرم به ازای هرگرم وزن است ومتوسط میزان دریافت روزانه آن درشرایط طبیعی حدود ۵۰ میکروگرم است . هرسیگارحاوی ۲-۱ میکروگرم کادمیوم می باشدومیزان ۱۰٪ ازآن ازطریق

ریه‌ها جذب می شود ، کشیدن یک بسته‌سیگار درهرروزبه‌تنهایی سبب تجمع حدود یک میلی گرم‌کادمیوم درسال می شود. درشرایط نرمال صدف نرمتنان،کلیه ، کبد حیوانات حاوی مقادیربیشتراز۰/۰۵ میکروگرم به‌ازای هرگرم وزن می‌باشد. (Klaassen 1977) گاهی رودخانه‌هایی که‌ازمناطق صنعتی عبورمی کنندا ملاح کادمیوم راباخودبه‌کشتزارها وشالیزارها برده‌ودرنتیجه میزان این فلزدرگندم وبرنج تایک میکروگرم به‌ازای هرگرم‌می رسدکه‌این مقداربسیارخطرناک است .(Ole Andersen 1984) .

اولین گزارش درباره‌خواص سمی کادمیوم مربوط به‌کشورژاپن است . در منطقه‌ای بنام Fuch رودخانه‌جنت‌سو (Jintsu) آب‌آلوده‌به‌کادمیوم را به‌کشتزارها برده‌بود ، دراطراف این رودخانه‌کارخانجات ذوب روی وجود داشت که‌فضولات وته‌مانده‌های شیمیایی‌ایجادشده‌به‌رودخانه‌وارد‌می گشت وبه مرورمیزان کادمیوم‌دربرنج وگندم‌های این منطقه‌تجمع پیداکرده‌بود .مصرف محصولات این کشتزارها توسط افرادسبب ایجادبیماری همراه‌با دردهای استخوانی شدیدهمراه‌بودکه‌این بیماری درژاپن بنام Itai-Itai یا Ouch - Ouch (به‌معنی درد- درد) موسوم‌گشت .

علاوه‌برآن درسال ۱۹۸۳ دریک مدرسه‌ابتدایی واقع درمیسوری (Missuri) امریکا ۲۷ دانش‌آموزیک مدرسه درمدت ۲ تا ۵ ساعت بعد ازخوردن کمپوت گلابی دچارعلائم تهوع، خستگی عضلانی، ضعف واسهال شدند . درابتدا حدس زده می شدکه‌این مسمومیت ممکن است ناشی ازافزایش روی باشد ولی تحقیقات نشان دادکه‌میزان روی دراین کمپوت‌ها درحدطبیعی است ولی میزان کادمیوم‌کمی بالاترازحدطبیعی است . کادمیوم‌درحلالهای اسیدی حل می شودبه‌همین‌جهت درموادغذایی که‌حاوی‌اسیدهای آلی هستندوجوددارد . در گیاهان نیزمیزان جذب این فلزبستگی به PH محیط داردوهرچه‌خاک وضعیت

اسیدی بیشتری داشته باشد میزان جذب آن توسط گیاه بیشتر خواهد بود. (Gilek 1988).

جذب، توزیع ودفع کادمیوم در بدن :

همانگونه که اشاره شد مهمترین راه ورود کادمیوم به بدن از طریق تنفس وخوراکی می باشد. مطالعات روی حیوانات آزمایشگاهی نشان می دهد که میزان جذب این فلز از طریق خوراکی ممکن است ۱/۵ درصد باشد (Klaassen and Kotsonis 1987) این میزان در موردانسان به ۵% میرسد (Rahola 1972). ولی میزان کادمیوم از طریق تنفس حدود ۱۰ تا ۴۰ درصد می باشد (Fribery 1974) . در مورد متابولیسم وجذب این فلز از طریق تنفس یا خوراکی عوامل متعددی دخالت دارند. جذب کادمیوم از طریق خوراکی به فاکتورهای زیر بستگی دارد که شامل سن ، میزان یون کلسیم، میزان یون آهن وروی در رژیم غذایی وترکیب شیمیایی کادمیوم خورده شده می باشد. مطالعات نشان می دهد که هرچه یونهای آهن وکلسیم وپروتئین در رژیم غذایی کمتر باشد میزان جذب روده‌ای کادمیوم تا ۲۰ درصد افزایش می یابد. (Nielsen 1989) .

میزان جذب این فلز از طریق تنفس بستگی به اندازه ذراتی دارد که کادمیوم در آن وجود دارد وهرچه این ذرات ریزتر باشد میزان جذب آن نیز بیشتر خواهد بود. حدود ۴۰% از کادمیومی که از طریق دود سیگار وارد ریه می شود جذب می گردد. بعد از جذب ، این فلز وارد خون می شود. فلزات در داخل پلاسمای خون به میزان زیادی بصورت متصل به پروتئین منتقل می شود. جدول (۱) نحوه انتقال کادمیوم را در پلاسمای خون نشان می دهد.

CADMIUM UPTAKE INTO CELLS

Table 1 Complexes of Cadmium in blood plasma

1. Protein complexes = Cd-albumin	
2. Aquo-complex = Cd^{2+} aq	
3. Low molecular weight complexes:	
Cd-cysteinate^0	41.7%
Cd-cysteinate $(OH)^-$	39.7%
Cd-(cysteinate)$_2$ H^-	5.1%
Cd-(cysteinate)$_2^{2-}$	1.3%
Cd-cystinate^0	11.4%
(May *et al.* 1981)	

جدول (۱) نحوه انتقال ونوع ترکیبی که کادمیوم درداخل پلاسمای خون منتقل می شودرا نشان می دهد. (اخذشده از :

(Toxicol. and Environmental Chemistry Vol.18, pp. 239-248,1988)

پروتئینی که درپلاسمای خون کادمیوم به آن متصل می شود آلبومین (Albumin) نام داردوبیشترین مقدار این فلزبصورت متصل به آلبومین درپلاسمای خون منتقل می شود. مقداری از آن نیزبه کمپلکسهای باوزن ملکولی پائین که دارای گروههای SH- هستندمتصل می شودوفقط مقدارکمی از آن بصورت محلول درپلاسما منتقل می گردد (Klug 1988) .

کادمیوم به گروههای SH- (SH- groups -) سیستئین متصل شده وبا تداخل عمل با گروههای سولفیدریل پروتئین ها اثرات خودرا اعمال میکند (Lag 1987) . بطورکلی ، همه ماکروملکولهای موجوددرسلولهای زنده که واجدا تمهای الکترون دهنده هستندمی توانندباکادمیوم ایجاد پیوند کووالانسی یا یونی بنمایندبه همین دلیل این فلزقادراست با اسیدهای نوکلئیک وپروتئین ها وفسفولیپیدها پیوندبرقرار نماید (Scheuhammer 1990) . مکانیسم وچگونگی ورودکادمیوم به سلولها ، برحسب نوع ودودمان سلولی (Cell Line) متفاوت است :

درا ریتروسیتها : کا دمیوم به‌کمک ا نتقا ل غیرفعا ل(Passive transport)
وا نتشا روا ردسلول می شودچون تجمع ا ین فلزدرگلبولها ی قرمزبسیا رپا ئین
ا ست (Planas-Bohn 1988)

درهپا توسیتها : کا دمیوم به‌گروههای SH- غشاء متصل می شودوبعلت تجمع زیا د
ا ین فلزدرا ین سلولها بنظرمیرسدکه عمل ا نتقا ل درسلولهای کبدی بوسیله
سیستم ا نتقا ل فعا ل (Active transport) با شد .

درسلولهای تخمد ا ن ها مسترچینی (Chmese Hamster overy cells=
CHO cells) : نتا یج نشا ن می دهدکه دریا فت کا دمیوم درا ین سلولها
بصورت یک پروسه پیچیده ا ست که درآ ن فلزبه رسپتوروا جدگروه SH- درغشاء
سلول متصل شده وسپس بوسیله یک مکا نیسم ا نتقا ل فعا ل ویا ا حتما لا" -
آ ندوسیتوزبدا خل سلول منتقل می شود (Katoh 1984) .

حدود ۵۰% ا زکل کا دمیوم جذب شده درکبدوکلیه‌ها تجمع می یا بد .در
گلبولها ی قرمز ، کلیه‌ها وکبد ،کا دمیوم‌به‌پروتئینی با وزن ملکولی پا ئین
بنا م متا لوتیونئین (Metallothionein=MT) که‌حا وی تعدا دزیا دی ا ز
با ندها ی سولفیدریل ا ست متصل می شود . ا ین پروتئین یک ما ده‌حفا ظتی
ا ست وتما یل زیا دی به‌ا تصا ل با فلزا تی نظیرکا دمیوم‌وروی دا رد . درموا رد
که فردبطورحا ددرمعرض مقا دیرزیا دکا دمیوم‌قرا رمی گیردبعلت ا شبا ع شدن
متا لوتیونئین با ا ین فلز ، ا ثرحفا ظتی آ ن ا زبین می رود . متا لوتیونئین
بدلیل ترکیب‌زیا دی که‌با کا دمیوم دا ردبه‌آ ن متصل می شودودرنتیجه ا ز
ا تصا ل ا ین فلزبا سا یرما کروملکولها جلوگیری می کند (Klaassen 1983)
نیمه‌عمرکا دمیوم ۳۰-۱۰ سا ل ا ست به‌همین دلیل تما یل ا ین ما ده‌برا ی تجمع
درمحیط زیا دا ست میزا ن کا دمیوم‌دربدن یک فرد ۵۰ سا له‌درا مریکا بطور